

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE BEZIEHUNGEN ZWISCHEN
AKKOMMODATION UND AKKOMMODATIVER KONVERGENZ BEI
NORMALSICHTIGEN UND BEI PATIENTEN MIT OPERATIV
KORRIGIERTEM BEGLEITSCHIELEN

von

HUBERT KOCH

—

Lebr

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE BEZIEHUNGEN ZWISCHEN
AKKOMMODATION UND AKKOMMODATIVER KONVERGENZ BEI
NORMALSICHTIGEN UND BEI PATIENTEN MIT OPERATIV
KORRIGIERTEM BEGLEITSCHIELEN

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

einer

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Johannes Gutenberg-Universität zu Mainz

vorgelegt von

HUBERT KOCH

aus Geilenkirchen



1961

Dekan: Professor Dr. med. H. LEICHER
Referent: Priv. - Doz. Oberarzt Dr. med. O. OPPEL
Korreferent: Professor Dr. med. W. HERZAU
Tag der mündlichen Prüfung: 5. Februar 1962

GESAMTHERSTELLUNG:

DITTERS BÜRODIENST, MAINZ, Augustinerstraße 64-66

MEINEN ELTERN
IN DANKBARKEIT
GEWIDMET



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554408_0075

INHALTSVERZEICHNIS

- I. Einleitung: Fragestellung und Methodik
- II. Hauptteil:
 - 1. Der normale Akkommodationsmechanismus
 - 2. Beziehungen zwischen Akkommodation und Konvergenz
 - 3. Untersuchungen der Beziehungen zwischen Akkommodation und Konvergenz und die dabei angewandten Verfahren
 - 4. Eigene Untersuchungen:
 - a) an Normalsichtigen,
 - b) an Patienten mit operativ korrigiertem Begleitschielen
- III. Diskussion
- IV. Zusammenfassung
- V. Literatur

EINLEITUNG

FRAGESTELLUNG UND METHODIK

Beim Studium der ophthalmologischen Literatur stellt es sich heraus, daß schon seit 200 Jahren Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Akkommodation und Konvergenz angestrengt werden. Es sind nicht wenige Autoren, die über die von ihnen gemachten Untersuchungen und die daraus resultierenden Ergebnisse berichten. Mit einer gewissen Verwunderung stellt man jedoch fest, daß alle diese Forschungen sich ausschließlich mit den Verhältnissen von Akkommodation und Konvergenz bei Normalsichtigen befassen.

Die Aufgabe dieser Arbeit bestand darin, diese Verhältnisse erneut bei Normalsichtigen, darüber hinaus jedoch auch an Patienten mit operativ korrigiertem Begleitschielen zu untersuchen und einen Vergleich der Untersuchungsergebnisse vorzunehmen, die von Normalsichtigen und "Schielenden" erhalten wurden.

Zunächst sei nun die Frage erörtert: Was ist Strabismus concomitans? Wenn das eine Auge fixiert, das andere aber anderswohin abweicht, bei Bewegungen des fixierenden Auges aber alle Bewegungen im gleichen Ausmaß mitmacht, nennen wir dieses Schielen Begleitschielen. Es reagieren wohl alle Muskeln auf die gleiche Innervation im gleichen Ausmaß, aber die Visierlinien schneiden sich nicht im Fixationspunkte. Das schielende Auge begleitet das fixierende. Wir unterscheiden ein Begleitschielen nach innen, Strabismus convergens, ein Schielen nach außen, Strabismus divergens und zwei weitere Arten, Strabismus sursum bzw. deorsum vergens (Lindner).

Die größte Bedeutung in klinischer Hinsicht kommt wegen seiner Häufigkeit dem Einwärtsschielen zu. Es werden zwei Formen unterschieden: Der Strabismus unilateralis und der Strabismus alternans, der weitaus häufiger vorkommt. Zur ersten Gruppe gehören die Schielenden mit einseitiger hoher Schwachsichtigkeit und Verlust der zentralen Fixation, zur anderen diejenigen Personen, bei denen bald das eine, bald das andere Auge fixiert. Eine Zwischenstellung nehmen solche Schielenden ein, bei denen zwar ein Auge vorzugsweise zur Fixation benutzt wird, das andere diese aber unter besonderen Bedingungen noch übernehmen und für eine gewisse Zeit auch halten kann (Jaensch). -

Wie bereits erwähnt, wurden die Untersuchungen an Patienten durchgeführt,

deren Begleitschielen operativ korrigiert wurde, d. h. die motorische Komponente des Begleitschielens - also die äußerlich auffällige kosmetische muskuläre Fehllhaltung - wurde beseitigt. Durch die Muskeloperationen läßt sich bei Schielenden eine angenäherte Parallelität der Augen erzielen. Die besondere Fragestellung dieser Arbeit bestand nun darin, ob die operative Beseitigung der muskulären Fehllhaltung des schielenden Auges auch eine Normalisierung seiner Akkommodation-Konvergenzleistung nach sich zieht.

HAUPTTEIL

1) DER NORMALE AKKOMMODATIONSMECHANISMUS

Unter Akkommodation versteht man von jeher das Einstellungsvermögen des Auges auf nahe und weite Entfernungen. Seit Descartes bemühen sich die Forscher um eine Erklärung für den Mechanismus der Akkommodation. Eine auch heute noch als allgemeingültig angesehene Erklärung erbrachte als erster v. Helmholtz mit seiner Theorie des Akkommodationsmechanismus.

Die Akkommodation ist ein passiver und aktiver Vorgang.

Die Kristalllinse des Auges ist ein elastischer Körper, der durch die radiär zum Linsenrande verlaufenden Fasern der Zonula Zinnii mit dem Ciliarkörper in Verbindung steht.

Im ruhenden Auge sind die Zonulafasern straff gespannt, wodurch die Linse eine mehr abgeflachte als kugelige Form erkennen läßt.

Beim Blick in die Nähe würden aber bei dieser abgeflachten Form der Linse unscharfe Zerstreuungsbilder auf der Netzhaut entstehen und das "Auge" - bestrebt, scharf zu sehen - akkommodiert unbewußt reflektorisch.

Wie geschieht das? Die optischen Erregungen werden in den Sinneszellen der Netzhaut in feine elektrische Ströme umgewandelt, die über die sensorischen Fasern der Netzhaut im Nervus und Tractus opticus und weiter über das Corpus geniculatum laterale zur Sehhirnrinde im Occipitallappen gelangen.

Zwischen diesem corticalen Sehzentrum und den im Hirnstamm gelegenen Akkommodationszentren bestehen nervöse Verbindungen. Ursprünglich wurde das Perlia'sche Kerngebiet (s. Abb. 20) als Akkommodationszentrum angesehen. Von dieser Vorstellung hat man jedoch weitgehend Abstand genommen,

da eine Lokalisation der Akkommodationszentren in den kleinzelligen Lateral-kernen (Edinger - Westphal) als erwiesen zu betrachten ist.

Von den Akkommodationszentren fließen dem Ciliarkörper Impulse zu, die eine Kontraktion des Muskels bewirken. Durch diesen aktiven Vorgang der Akkommodation verringert sich die straffe Spannung der Zonulafasern erheblich und die Linse nimmt infolge ihrer Elastizität mehr kugelige Gestalt an, das Auge akkommodiert.

Bei diesem Vorgang der Akkommodation kann man beobachten, daß sich beim Normalsichtigen die im Ruhezustand parallele Stellung der Sehachsen der Augen ändert, die Augen konvergieren. Dieser Vorgang wird als akkommodative Konvergenz bezeichnet. Er beruht physiologisch auf dem Erfordernis, bei Annäherung eines Objektes gleichzeitig zur Vermeidung von Doppelbildern zu konvergieren und verrät sich anatomisch durch die enge Nachbarschaft des Akkommodations- und Konvergenzzentrums im Hirnstamm. Diese Nachbarschaft bewirkt, daß die Funktionen Akkommodation und akkommodative Konvergenz in ganz bestimmten Beziehungen zueinander treten. Welcher Art sind diese Beziehungen nun im einzelnen? Sind sie starr oder individuell verschieden, angeboren oder erworben?

Viele Forscher haben diese Fragen zum Gegenstand ihrer Untersuchungen gemacht. Sie kamen zu den verschiedenartigsten Ergebnissen, von denen einige im nächsten Kapitel aufgezeigt werden sollen.

2) BEZIEHUNGEN ZWISCHEN AKKOMMODATION UND KONVERGENZ

"Wenn ein Individuum mit beiden Augen ein nahegelegenes Objekt deutlich sehen soll, müssen

1. die Gesichtslinien beider Augen in dem betreffenden Objekte sich schneiden, die Gesichtslinien bzw. die Augenachsen daher konvergieren,
2. beide Augen sich durch die Akkommodation auf die betreffende Distanz einstellen.

Da also zum deutlichen Sehen von Objekten, die in endlicher Entfernung sich befinden, immer Konvergenz und Akkommodation gleichzeitig angewendet werden müssen (ausgenommen bei Myopie), treten beide in ein bestimmtes Abhängigkeitsverhältnis." (Elschnig).

Einer der ersten, der über die Beziehungen zwischen Akkommodation und Konvergenz berichtete, war Porterfield (1759). Er sah den Zusammenhang folgendermaßen:

"In der Konvergenz ist den Augen die Möglichkeit gegeben, die Entfernung zum betrachteten Gegenstand genauer abzuschätzen. Die Akkommodation wird also auf diese Entfernung unterstützt, sie ist folglich abhängig von der Konvergenz."

Müller (1826) war der Meinung, daß zwischen Akkommodation und Konvergenz eine feste Koppelung bestände. Mit einer bestimmten Konvergenzeinheit werde eine bestimmte Akkommodationseinheit aufgebracht.

Eine nur lose Koppelung sekundärer Natur sah Volkmanns (1836) in dem Verhältnis zwischen Akkommodation und Konvergenz. Nach seiner Auffassung werde schon in früher Kindheit erlernt, daß man akkommodieren und konvergieren müsse, um scharf und einfach zu sehen. Die Koppelung sei also nicht angeboren, sondern erworben.

Hering hielt eine angeborene Koppelung von Akkommodation und Konvergenz für wahrscheinlicher als eine erworbene.

Maddox unterschied bei der Konvergenz vier verschiedene Formen:

1. die tonische Konvergenz, die den "Ruhezustand" in der Stellung der Sehachsen (z.B. im Schlaf) aufhebe.
2. Die akkommodative Konvergenz, die also mit der Akkommodation zusammenhinge und die Sehachse auf den betrachteten Punkt einstelle.
3. Die psychische Konvergenz oder das Bewußtsein der Nähe.
4. Die fusionale Konvergenz, die die akkommodative Konvergenz ergänze, indem sie bei ungenügender akkommodativer Konvergenz auf Grund der Abneigung der Augen gegen Doppelbilder zusätzlich eine Änderung der Sehachsen bewirke und die entstandenen Doppelbilder zur Verschmelzung bringe, dadurch, daß die Seheindrücke jetzt auf korrespondierende Netzhautstellen gebracht würden.

Maddox vertrat daher die Ansicht, daß die akkommodative Konvergenz mit der Akkommodation gekoppelt sei. Diese Koppelung sei sehr eng und die Akkommodation spiele dabei die führende Rolle, d.h. die Akkommodation ziehe die Konvergenzeinstellung nach sich und nicht umgekehrt.

v. Tschermak hielt die Koppelung Akkommodation - Konvergenz für verhältnismäßig locker, doch nicht für vollkommen lösbar.

Nach der Auffassung von Roelofs sind Konvergenz und Akkommodation infolge Erfahrung assoziiert. Die Vorstellung einer Entfernung als eine Folge der Wahrnehmung der Sinnesorgane oder als Erinnerungsbild früherer Wahrnehmungen könne eine Akkommodation oder eine Konvergenz auslösen. Das Kon-

vergenzgefühl, das seinen Reize, die aus der Konvergenz oder einer Konvergenzinnervation hervorgingen, könne eine Innervation der Akkommodation hervorrufen, beim Akkommodieren könne ebenso eine Konvergenzinnervation einsetzen.

Nach Pistor ist die Koppelung nicht angeboren, sondern diese werde bereits beim Kleinkind durch Erfahrung erworben. Akkommodation und Konvergenz würden beide durch einen Willensimpuls vom Gehirn her angeregt und seien dadurch fest miteinander verbunden, doch nicht untrennbar.

Piper bezeichnete die Koppelung als individuell verschieden fest. Sie ändere sich mit dem vorrückenden Alter und bei abnormalen Umweltverhältnissen, so auch im Schlaf.

Die in diesem Kapitel aufgezeigten Auffassungen verschiedener Autoren wurden bereits von Mütze in seiner Monographie "Die Akkommodation des menschlichen Auges" einander gegenübergestellt.

3) UNTERSUCHUNGEN DER BEZIEHUNGEN ZWISCHEN AKKOMMODATION UND KONVERGENZ UND DIE DABEI ANGEWANDTEN VERFAHREN

Systematische Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Akkommodation und Konvergenz wurden zuerst von Donders angestellt. Er bestimmte für verschiedene Konvergenzen die Akkommodations - Fern- und - Nahpunkte. Dies gelang ihm durch Ermittlung des stärksten Plus- bzw. Minusglases, mit dem die Sehprobe noch deutlich und einfach gesehen wurde. Er stellte dabei fest, daß es bei unveränderter Konvergenz der Sehachsen möglich ist, die Akkommodation für einen gewissen Bereich zu ändern. Dieser Bereich erstreckt sich von einem Punkt vor bis zu einem Punkt hinter dem Konvergenzpunkt. Man bezeichnet diesen Bereich, innerhalb dessen das Auge ohne Änderung der Konvergenz zu akkommodieren vermag, als relatives Akkommodationsgebiet in Metern gemessen oder als relative Akkommodationsbreite in Dioptrien ausgedrückt.

So wie Donders sich mit den Fragen der Akkommodation beschäftigte, strengte sein Schüler Landolt mehr Untersuchungen über die Konvergenz an. Anstatt wie Donders Plus- oder Minusgläser zu verwenden, setzte er Prismen mit der Basis innen oder außen vor. Dabei stellte er fest, daß die Konvergenz um einen gewissen Betrag ohne Beeinflussung der Akkommodation geändert werden kann, daß es also nicht nur eine relative Akkommoda-

tion, sondern auch eine relative Konvergenz gibt.

Bappert untersuchte den Einfluß von Akkommodation und Konvergenz auf die Tiefenwahrnehmung. Die Beobachtung wurde stets monocular vorgenommen, um sonstige Faktoren (Querdisparation, empirische Kriterien anderer Art) auszuschließen. Er hielt sich zum Teil an die Versuchsanordnung von Hillebrand: Darbietung einer Grenzlinie bestehend aus einer schwarzen Fläche, mit scharfer Kante, die sich gegen eine hinter ihr stehende erleuchtete Mattglasscheibe abhob und hin und her geschoben werden konnte, bzw. zwei abwechselnd schnell von links und rechts in das Gesichtsfeld eingeführte Kanten. Als neu wurden bei der Anordnung des Verf. noch Linsen an den Tubus vor das beobachtende Auge gebracht. Ferner wurde ein kleines Kästchen, welches durch eine Lampe erleuchtet und mit Spiegel versehen war, so angebracht, daß man zur Feststellung der Konvergenzbewegungen die Bewegungen des nicht beteiligten Auges beobachten konnte. Die Versuche nach Hillebrand ergaben, daß diese Methode zur Lösung dieses Problems wenig geeignet war, denn wenn auch die Tiefenangaben nur selten richtig waren, so zeigte die Beobachtung des nicht am Versuch beteiligten Auges, daß auch die Konvergenz in sehr vielen Fällen der objektiven Entfernung nicht entsprach.

Einwandfreie Resultate ergab der Stäbchenversuch nach Giering: Stäbchen von 3 mm Durchmesser auf 30 cm und von 9 mm auf 90 cm geboten, so daß die Netzhautbilder in beiden Fällen gleich waren. Als Hintergrund diente eine Mattglasscheibe. Aus den beobachteten Augenbewegungen ließ sich mit Sicherheit schließen, daß die Akkommodation immer den Entfernungen entsprechend stattfand. Trotzdem zeigte sich kein Einfluß auf die Tiefenwahrnehmung.

Lichtpunktversuche nach dem Vorgang von Bourdon u. a. wurden von Bappert in der Weise angestellt, daß unter Berücksichtigung der Beleuchtungsintensität und der Größe der Öffnung Diaphragmen in verschiedener Entfernung geboten wurden, wobei sie in derselben Sehrichtung erschienen. Die Beobachtungen wurden immer im verdunkelten Zimmer durchgeführt. Da der eine Lichtpunkt dabei zugespiegelt wurde, wurde zur Verminderung der eventuell hierdurch bedingten verschiedenen Farbigkeit die beleuchtete elektrische Lampe noch in mattvioletttes Fließpapier gehüllt. Die Anzahl der richtigen Angaben betrug nicht einmal 20 %, so daß Konvergenz und Akkommodation weder als Zustand noch als Zustandsänderung als primäre Kriterien der Tiefenwahrnehmung gelten könnten. Versuche mit vorgeschalteten Linsen (s. o.), die auf verschiedene Entfernungen des Objektes ganz verschiedene Akkommodations- und Konvergenzleistungen erforderten, ergaben keine Änderung des Resultates. Über die scheinbare Größe des Objekts ergab sich nebenbei, daß der

Größeneindruck in engem Zusammenhang mit Akkommodation und Konvergenz steht.

Nott untersuchte die Verhältnisse von Akkommodation und Konvergenz mit Hilfe der Schattenprobe: Ein nicht alterssichtiges Augenpaar, das rechtsichtig ist, oder dessen Fehlsichtigkeit mit Gläsern voll ausgeglichen ist, bemühe sich, einen $1/3$ m entfernten Punkt beidäugig zu betrachten. Dabei werde eine Akkommodation für etwa 40 cm aufgewendet, vorausgesetzt, daß eine regelrechte Verknüpfung zwischen Akkommodation und Konvergenz bestehe. Nott empfahl daher, den Beobachtungspunkt hinter dem Zielpunkt des untersuchten Auges zu wählen, was dem Zurückbleiben der Akkommodation hinter der Konvergenz entspreche. Der übliche Anteil der Konvergenz, den die Akkommodation liefere, betrage etwa $2/3$ des für das Nahsehen notwendigen Betrages. Der Rest sei von der Fusion aufzubringen. Sei aus irgendeinem Grunde der Akkommodationsanteil kleiner als $2/3$, so werde der Ausfall der Fusion aufgebürdet. Verfüge die Fusion nicht mehr über genügende verhaltene Kräfte, so könne Naharbeit nicht ohne Störung lange Zeit hindurch geleistet werden. Werde andererseits der ganze zum beidäugigen Einfachsehen notwendige Konvergenzbetrag von der Akkommodation allein veranlaßt, so läge eine übermäßige Reizung des Ciliarkörpers vor, statt daß die Fusion ihren gehörigen Beitrag liefere, und unbehagliche Wirkungen seien die Folge.

Nott zieht aus seinen Untersuchungen folgende Schlüsse: Voraussetzung für ein klares und angenehmes beidäugiges Einfachsehen sei ein haushälterisches Zusammenwirken der Akkommodation, der Akkommodations- und Fusionskonvergenz. Falls die Akkommodationskonvergenz an sich nicht den gehörigen Anteil beim Nahsehen leiste, so entstehe bei der Vermehrung dieser Akkommodationskonvergenz auch vermehrte Akkommodation mit dem Erfolg, daß das übliche Zurückbleiben nicht in Erscheinung trete, und der Beobachter, der bei der Schattenprobe weiter entfernt sei als der vom Untersucher ins Auge gefaßte Punkt, fände einen gegenläufigen Schatten.

Baquis wies eine Assoziation von Akkommodation und Konvergenz folgendermaßen nach: Wenn man eine etwa 3 m entfernte Wand anschau, oscillatorische Bewegungen mit dem Kopf ausführe und dabei einen näher gelegenen Gegenstand fixiere, schienen die Figuren der Wand sich in gleicher Richtung mit dem Kopf zu bewegen, erschienen außerdem viel kleiner und näher als in Wirklichkeit, aber mit scharf begrenzten Konturen. Dies sei möglich durch eine Dissoziation von Konvergenz und Akkommodation, die auch willkürlich sein könne, was daraus hervorgehe, daß sie wie bei oben beschriebenem Versuch ermüde. Natürlich müsse bei diesem Versuch auch eine Diplopie auftreten.

ten und in der Tat existiere auch eine solche, nur daß sie durch die spezielle Konfiguration der Wand dissimuliert werde.

Edwin Forbes Tait stellte an 500 Versuchspersonen Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Akkommodation und Konvergenz an. Dazu wurde - unter Ausschaltung des Fixierungszwanges - einmal das Maximum von Akkommodation bei primärer Konvergenz gemessen, und dann wurde umgekehrt das Maximum von Konvergenz bei primärer Akkommodation bestimmt. Tait kam zu folgenden Schlüssen: Eine Akkommodation, die ganz offenbar auf einen primären, von der Konvergenz hergeleiteten Reiz zurückzuführen sei, fände sich bei fast allen Versuchspersonen und müsse deshalb als normaler Reflex betrachtet werden. Das Maximum der Konvergenz - Akkommodation liege zwischen 0,2 und 1,5 Dioptrien als den wahrscheinlichen Höchstwert. Die Werte für die akkommodative Konvergenz stimmten damit vollkommen überein, so daß eine reflektorische, reziproke und assoziierte Wechselbeziehung zwischen Akkommodation und Konvergenz bestünde und jede von ihnen als primärer Reiz und als Reflex aufgefaßt werden könnte.

Luzinskij stellte es sich zur Aufgabe, die Stärke der relativen Akkommodation bei Beibehaltung der Parallelität der Sehlinien festzustellen, d.h. beim Blick in die Ferne und nicht, wie gewöhnlich bei diesen Untersuchungen, bei einem Arbeitsabstand von 30 - 35 cm. Bei Kindern von 10 - 15 Jahren mit gesunden Augen, emmetroper oder leicht hypermetroper Refraktion und mit einer Sehschärfe von 0,9 - 1,0 wurde zuerst objektiv und subjektiv die Refraktion festgestellt. Myope wurden bei den Untersuchungen Luzinskis nicht berücksichtigt. Dann setzte er steigend Minusgläser vor (0,5, 0,75, 1,0 bis 9 D). Das stärkste Konkavglas, mit dem ebenso gut oder besser gesehen wurde wie ohne Glas, wurde als Indicator des sogenannten positiven Anteils der relativen Akkommodation betrachtet. Die Untersuchungen wurden sowohl monocular als auch binocular vorgenommen mit dem gleichen Resultat. Bei ungefähr 500 Individuen jugendlichen Alters stellte der Verfasser fest, daß die Akkommodation leicht von der Konvergenz trennbar sei. Die Mehrzahl der Schüler konnte ohne zu konvergieren Minusgläser von 1,5 D überwinden, einige auch Gläser von 8 und 9 D. Bei Emmetropen war die relative Akkommodation in der Regel viel geringer als bei Hypermetropen. Der Verfasser folgerte aus seinen Untersuchungen, daß kein unbedingter Zusammenhang zwischen Akkommodation und Konvergenz bestünde, wie meistens angenommen wurde. Es seien zwei verschiedene Akte, die dank den physiologischen Bedingungen auf der gleichen Bahn verliefen, aber sehr wohl von einander zu trennen seien. Er verwarf daher auch den Begriff der relativen Akkommodation. Er vertrat die Meinung, daß die Refraktion kein ätiologisches Moment des Schielens darstel-

le, da er ja den Zusammenhang zwischen Akkommodation und Konvergenz negiere.

Pflimlin und Strübin benutzten die Prismendioptrie als Maß der "Vergenzen" (= Richtungsänderung der Sehachsen). Der Anteil der Akkommodation bzw. der Fusion (bei Konvergenz) wurde graphisch dargestellt unter Verwendung eines Koordinatensystems. Die Abszisse trug die Distanzen des Fixierpunktes in Metern bzw. die akkommodierten Dioptrien; die Ordinate die Prismendioptrien. Die "fusionale Vergenz" wurde errechnet aus der Differenz zwischen "totaler Vergenz" und "akkommodativer Vergenz" ("totale Vergenz" = Konvergenzstellung beider Augen, ausgedrückt in Prismendioptrien). Die akkommodative Vergenz wurde am Maddox - Kreuz unter Vorschaltung von Minusgläsern gemessen.

Im Widerspruch zu den zahlreichen Autoren berichtete Haessler in einer Arbeit über seine Versuche, die beweisen sollten, daß die Akkommodation die Divergenz fördere und entgegen der allgemeinen Meinung die Konvergenz hindere.

Ebenso behauptete Pascal, daß es bei der Akkommodation eine Divergenzeinstellung gäbe und versuchte sie ganz einfach durch eine Erschlaffung der Konvergenzinnervation zu erklären.

Kneer unterscheidet mit Pflimlin und Strübin an der Vergenz (Konvergenz) die, welche mit der Akkommodation eng verknüpft sei, eine sogenannte akkommodative Vergenz und die durch den Fusionszwang allein hervorgerufene fusionelle Vergenz. Sie untersuchte mit den von den genannten Autoren beschriebenen Geräten (modifizierte Maddox - Skala und modifiziertes Haploskop) an 50 Versuchspersonen die von den oben erwähnten Autoren festgestellten Abhängigkeitsverhältnisse der akkommodativen und fusionellen Vergenz und Fusionsbreite und kam zu folgendem Ergebnis:

Die Standardkurven der akkommodativen Vergenz bestünden nur zum Teil zu Recht. Die von den beiden Autoren geforderten Reserven innerhalb der Fusionsbreite im Lesebereich seien immer vorhanden, sofern überhaupt binoculares Sehen in jenem Bereich bestehe. Die Versuchsergebnisse seien von individuellen Verschiedenheiten in der körperlichen Verfassung abhängig.

Adamson und Fincham überprüften den Einfluß von Linsen und der Konvergenz auf den Akkommodationszustand des Auges. Bezüglich des Verhältnisses von Konvergenz und Akkommodation kamen die Verfasser zu dem Ergebnis, daß zwar beide künstlich durch Prismen bzw. Linsen innerhalb eines gewissen Bereiches selbständig geändert werden könnten, doch sei der Einfluß der

Konvergenz auf die Akkommodation auffälliger als umgekehrt. Bei fix gegebener Vergenz des einfallenden Lichtes würden Änderungen der binocularen Parallaxe - d.h. des Konvergenzgrades - zu einer relativ schwächeren Veränderung der Akkommodation, die von dem Bedürfnis geleitet werde, scharf zu sehen, führen. Starker Akkommodationswechsel alteriere dabei die Konvergenz, die ihrerseits nun wieder die Akkommodation mit sich ziehe. Bei fix gegebener Augenstellung bleiben künstliche Veränderungen der Vergenz des einfallenden Lichtes bis zu einem gewissen Grade ohne Wirkung auf die Akkommodation (und zwar innerhalb der Grenzen der physiologischen Toleranz). Dann komme es zu einer Veränderung der Akkommodation, jedoch geringeren Grades als es die künstlich gesetzte Änderung der Vergenz sei, und im Zusammenhang damit zum Aufhören der Fusion, zu konsekutiver Veränderung der Augenstellung und zur Mitnahme der Konvergenz durch die Akkommodation.

Glaser ermittelte die akkommodative Konvergenz durch Vorgabe von Sammelgläsern an einem Nah-Phorometer. Die hierbei zunehmende Nahexophorie sei das Maß der akkommodativen Konvergenz.

Alpern unternahm ausgedehnte Untersuchungen mit 11 jugendlichen Versuchspersonen an einem kombinierten Haploskopgerät, welches über einen halbversilberten Spiegel gleichzeitige Akkommodationseinstellungen in verschiedenen realen Entfernungen und durch unterschiedliches Vorsetzen von Gläsern erlaubte. Es ergab sich, daß der Konvergenzgrad fast linear vom Akkommodationsimpuls abhing, daß dagegen eine Abhängigkeit des Konvergenzgrades von der Entfernung des monocular gesehenen Testobjektes nicht nachweisbar war.

Christoferson und Ogle berichteten über die Wirkung von Homatropin auf die Akkommodation-Konvergenz-Verbindung. Unter "akkommodativer Konvergenz" wurde die Konvergenzgröße bzw. der Anteil der Konvergenz verstanden, der durch die Akkommodation und ihre Änderungen allein bedingt war. Sie könne durch ein geeignetes Phorometer mit polarisiertem Licht quantitativ erfaßt werden, indem vor ein Auge Gläser verschiedener Stärke gegeben würden. Die Untersuchungen zeigten, daß zwischen akkommodativer Konvergenz und Akkommodation lineare Beziehungen bestanden und daß sich diese Beziehungen änderten, wenn das Auge, an dem die Akkommodationseinstellung gemessen wurde, Homatropin erhalten hatte. Bei einem solchen Auge wurde durch Vorsetzen eines Zerstreungsglases eine sehr viel stärkere akkommodative Konvergenz ausgelöst, als durch ein nichthomatropinisiertes Auge. Es sei also der Akkommodationsimpuls für die Auslösung der akkommo-

dativen Konvergenz maßgeblich und nicht die tatsächliche Akkommodationsänderung.

Hill beschrieb eine einfache Methode zur Bestimmung des koordinierten Konvergenzaufwandes. Diese Methode erlaubte es, rasch den für jeden Patienten und für jede Entfernung notwendigen, dem Akkommodationsaufwand entsprechenden Konvergenzaufwand in Prismendioptrien auszudrücken. Die Formel laute: $A \times p.d. = C$. A entspräche dem in Dioptrien ausgedrückten Akkommodationsaufwand eines Emmetropen für eine bestimmte Entfernung, p.d. sei die in cm ausgedrückte Pupillardistanz und C sei der Konvergenzaufwand in Prismendioptrien. C gäbe das Maß an geometrischer Konvergenz an, welches nötig sei, damit sich die Sehachsen in einer bestimmten Fixationsentfernung schneiden würden.

In einer weiteren Arbeit berichtete Hill, daß sich die Beziehungen zwischen Akkommodation und Konvergenz dann verhältnismäßig leicht auf einen Nenner bringen ließen, wenn die Konvergenz in Prismendioptrien gemessen werde. Sie ließen sich dann beide durch eine rechtwinklige Hyperbel von der Form $y=L/x$ darstellen, bei der auf der Ordinate die Akkommodations- und Konvergenzleistungen (letztere in Abhängigkeit vom Pupillarabstand des jeweiligen Patienten) und auf der Abszisse die Abstandsänderung abgelesen werden könnten. Eine solche Hyperbel vermittele einen anschaulichen Eindruck davon, welch geringe Akkommodations- und Konvergenzleistungen in großen Entfernungen erfordert würden und wie gering umgekehrt der Effekt einer größeren Akkommodationszunahme in der Nähe sei.

Nach Ogle und Martens versteht man unter proximaler Konvergenz den Betrag an Konvergenz, um den diese bei von ferner her angenähertem Objekt größer ist als die rein akkommodative bei feststehendem nahem Objekt. Das Phänomen wird auf die Vorstellung des Abstandes zurückgeführt. Die Verfasser besprechen die üblichen Meßmethoden der Konvergenzänderung auf Akkommodationsreize, die sich der Auswertung der Phorie ohne Fusionsanreiz bedienen. Eine Methode bestände darin, die Phorie beim Fernsehen mit der beim Nahsehen zu vergleichen, bei einer anderen werde die Phorie beim fixen Nahobjekt unter Vorsatz dioptrischer Linsen gemessen. Mit ihrer eigenen Methode, die durch Kurven erläutert wurde, bestimmten die Verfasser die Fixationsdisparation bei 2,5 m und bei 0,33 m, wenn Akkommodation und Konvergenz durch Prismen und, beim Naheblick, noch zusätzlich durch dioptrische Linsen dissoziiert waren. Diese Methode liefere sichere Daten (104 Versuchspersonen) als Phoriemessungen ohne Einbeziehung der Fusion (20 Versuchspersonen). Die Beziehung der proximalen Kon-

vergenz zur dioptrischen Änderung bei fernerer Objekten sei linear, ebenso wie die der akkommodativen Konvergenz unter verändertem Akkommodationsanreiz.

Zu den zahlreichen Faktoren, welche die Konvergenzbewegungen zu beeinflussen vermögen (Tonus der äußeren Augenmuskeln, Abstand des Beobachtungsobjektes, Sammellinsen und Akkommodation, Prismen, Bilddisparation u.a.), zählte Alpern auch den Wechsel der Bildgröße. Seine Untersuchungen galten der Frage, ob die bei Bildgrößenveränderungen zu beobachtenden Konvergenzbewegungen als reine akkommodative Konvergenzleistungen angesehen werden könnten, wie Untersuchungen von Ittelson und Ames es nahelegten, oder ob unter Konstanzhaltung aller übrigen Bedingungen, einschließlich der Akkommodationseinstellung der Augen, allein durch einen Bildgrößenwechsel eine Änderung des Konvergenzgrades möglich sei. Die Bilder wurden dabei von der Gegenseite auf einen Mattglasschirm projiziert, der aus 40 cm Entfernung beobachtet wurde. Der Verfasser kam auf Grund seiner Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß unabhängig von einem Wechsel in der Beobachtungsdistanz allein durch eine Vergrößerung der Testbilder eine signifikante, wenn auch nur geringe Zunahme der Konvergenz nachweisbar sei.

Fincham und Walton untersuchten experimentell die Frage, wie sich Akkommodation und Konvergenz verhielten, wenn nur eine der beiden Funktionen durch entsprechende Reize angeregt würde, bzw. wie sie sich verhielten, wenn Akkommodation und Konvergenz durch entsprechende Versuchsanordnungen in entgegengesetztem Sinne gereizt würden. - Die Versuchsanordnung (Spiegelhaploskop in Verbindung mit einem Koinzidenzrefraktometer, welches über einen halbversilberten Spiegel die Refraktionsmessung eines Auges erlaubt) ermöglichte es, sowohl die Vergenz des einfallenden Strahlenbündels als auch die Konvergenz der Sehachsen willkürlich und unabhängig von einander zu ändern und gleichzeitig die Akkommodationseinstellung zu messen. - Die konvergenzbedingte Akkommodation (d.h. bei Fehlen adäquater Reizung durch Vergenz des Strahlenbündels) wurde bei 22 Vpn. gemessen, von denen 7 über 2 Jahre beobachtet wurden. Bis zum Alter von 24 Jahren sei die konvergenzbedingte Akkommodation (in dptr.) gleich der Konvergenz (in Meterwinkeln), im höheren Alter geringer. Die akkommodative Konvergenz bei monocularer Fixation wurde gemessen und auf die (tatsächliche) Akkommodation und den Akkommodationsreiz bezogen: Akkommodationsmessungen wurden bei konstanter Vergenz (der Strahlenbündel) und variabler Konvergenz (der Sehachsen) und umgekehrt durchgeführt. Dabei zeigte sich, daß die Akkommodationseinstellung sowohl von der Vergenz als auch der Konver-

genz aus innerviert wird; der Akkommodationsreiz verlöre an Wirkung, wenn die dioptrische Fehleinstellung bei festgehaltenen Sehachsen mehr als zwei Dioptrien betrage.

4) EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Im obigen Kapitel wurden die Untersuchungsverfahren und -ergebnisse verschiedener Autoren hinsichtlich der Beziehungen zwischen Akkommodation und akkommodativer Konvergenz bei Normalsichtigen etwas ausführlicher besprochen. Wie bereits eingangs erwähnt, bestand die Aufgabe dieser Arbeit darin, diese Verhältnisse erneut an Normalsichtigen, darüber hinaus jedoch besonders an Patienten mit operativ korrigiertem Begleitschielen zu untersuchen und einen Vergleich der Untersuchungsergebnisse vorzunehmen.

Dazu wurde zunächst in Anlehnung an den Maddox "wing test" ein Gerät konstruiert, das es erlaubt, Untersuchungen in variablen Abständen vorzunehmen, wohingegen das Gerät von Maddox, das im folgenden ausführlich beschrieben wird, Untersuchungen nur in einem Abstand von 30 cm zuläßt.

Maddox konstruierte dieses Gerät 1914. Es ermöglicht die Bestimmung aller Störungen des Muskelgleichgewichts der Augen ohne Zuhilfenahme von Prismen oder Linsen. Das Gerät ist folgendermaßen gebaut: Vor beide Augen wird je eine Blendenöffnung und in die übliche Leseentfernung davon ein Maßstabskala gesetzt. Die Skala trägt eine horizontale und vertikale Einteilung in Prismengraden mit einem unter dem Nullpunkt senkrecht eingezeichneten Pfeile. Durch ein System von zwei Klappen, welches zwischen den Blenden beginnt und sich divergierend zur Skala hin erstreckt, wird von der Testfläche die obere Hälfte und die horizontale Beschriftung nur dem linken Auge und die untere Hälfte mit dem Pfeil nur dem rechten Auge freigegeben. Die Fusion ist also ausgeschaltet. Auf diese Weise kann beim Normalsichtigen aus der subjektiven Lokalisation, also der scheinbaren Stellung des Pfeiles zur Skala, obwohl sich dieser objektiv immer unter der Skalenmitte befindet, auf die Stellung der Augen in der betreffenden Arbeitsentfernung geschlossen werden. Es läßt sich mit dieser Methode also ermitteln, um wieviel Grad die Sehachsen der Augen in der jeweiligen Beobachtungsentfernung auseinanderliegen. Das Gerät führt den Namen: Maddox "wing test" (s. Abb. 1).

In Anlehnung an diesen Apparat wurde von Oppel und mir ein Gerät konstruiert, das im Prinzip sehr ähnlich gebaut ist: Die Blendenöffnungen, das System der Klappen, das nur unwesentlich geändert wurde, und die Maßstabskala sind die gleichen wie beim Maddox "wing test". Die zuletzt erwähnte

Testfläche (mit Skala) jedoch steht nicht fest wie bei dem Gerät Maddox⁺, sondern kann auf einer 1 m langen Schiene dem Auge genähert bzw. von diesem entfernt werden. Außerdem ist der Pfeil in der Maßstabskala nicht eingezeichnet, sondern er kann mittels einer Spindel horizontal auf der ganzen Skala gewegt werden. (Abb. 2)

Mit diesem Gerät wurden nun zunächst 45 Versuchspersonen mit Emmetropie und guter Binocularfunktion untersucht. Diese Untersuchungen wurden so vorgenommen, daß bei einem Skalenabstand von 30 cm zuerst die unbeeinflusste Augenstellung ermittelt wurde und dann wurden vor jedes Auge Plus- und Minusgläser von einer bis drei Dioptrien vorgesetzt. Die gleichen Untersuchungen wurden bei einem Skalenabstand von 60 cm angestellt.

Als Ergebnis dieser Untersuchungen ließ sich ein auffälliges Abhängigkeitsverhältnis zwischen Akkommodation und akkommodativer Konvergenz feststellen.

In den Abbildungen 3 - 10 sind die erhaltenen Kurven und die errechneten Mittelwertskurven graphisch dargestellt. Daraus ist zu ersehen, daß die Beziehungen zwischen Akkommodation und Konvergenz unter den geschilderten Untersuchungsbedingungen nahezu lineare Verhältnisse aufweisen.

Tabellarische Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse bezüglich der Eso- und Exo-Disparation unter Vorsatz von sphärischen Plus- und Minusgläsern von 1 bis 3 Dioptrien in einem Untersuchungsabstand von 30 cm und 60 cm.

Hierzu sei bemerkt, daß diese wie auch die folgenden Zusammenstellungen dadurch erforderlich gemacht wurden, daß einzelne Kurvenverläufe sich über eine gewisse Strecke decken, was eine genaue Verfolgung derselben erschwert. Von der Möglichkeit einer übersichtlicheren Darstellung der Kurvenverläufe durch kleine Abweichungen von den gefundenen Werten wurde mit Rücksicht auf die Genauigkeit Abstand genommen. Dort, wo die Verfolgung der Kurvenverläufe auf Schwierigkeiten stoßen sollte, können die Werte mühelos aus den Zusammenstellungen entnommen werden.

Für die Zusammenstellungen der gefundenen Werte bei Normalsichtigen sei noch folgendes gesagt: In den Abbildungen 3 - 8 finden sich in jedem Koordinatensystem 15 Kurven. Die Aufstellung der einzelnen Kurvenpunkte in den Zusammenstellungen ist so gehandhabt, daß die Nummerierung den höchsten Kurvenpunkten bei +3 dptr. von links nach rechts folgt und zwar jeweils von Abbildung zu Abbildung.



Abb. 1: Der Maddox "wing test" zur Bestimmung des Muskelgleichgewichtes der Augen.

Zusammenstellung zu Abb. 3.

	+ 3 D	+ 2 D	+ 1 D	0	- 1 D	- 2 D	- 3 D
1)	11,0 Exo-D	10,0 Exo-D	7,0 Exo-D	5,0 Exo-D	3,0 Exo-D	1,0 Exo-D	0,5 Eso-D
2)	11,0 Exo-D	9,0 Exo-D	8,0 Exo-D	6,0 Exo-D	6,0 Exo-D	5,0 Exo-D	3,5 Exo-D
3)	9,0 Exo-D	7,5 Exo-D	7,0 Exo-D	6,0 Exo-D	6,0 Exo-D	5,5 Exo-D	5,0 Exo-D
4)	7,0 Exo-D	6,5 Exo-D	6,0 Exo-D	5,0 Exo-D	4,0 Exo-D	3,0 Exo-D	2,0 Exo-D
5)	6,5 Exo-D	6,0 Exo-D	6,0 Exo-D	5,0 Exo-D	3,0 Exo-D	2,5 Exo-D	1,0 Exo-D
6)	6,5 Exo-D	5,0 Exo-D	4,0 Exo-D	2,5 Exo-D	2,0 Exo-D	1,5 Exo-D	0
7)	6,0 Exo-D	4,5 Exo-D	3,0 Exo-D	2,0 Exo-D	1,5 Exo-D	1,0 Exo-D	1,0 Exo-D
8)	5,0 Exo-D	5,0 Exo-D	4,5 Exo-D	2,0 Exo-D	2,0 Exo-D	1,0 Exo-D	0,5 Exo-D
9)	4,0 Exo-D	3,0 Exo-D	1,0 Exo-D	0,5 Eso-D	1,5 Eso-D	4,5 Eso-D	6,5 Eso-D
10)	4,0 Exo-D	2,0 Exo-D	1,0 Exo-D	0	1,5 Eso-D	2,5 Eso-D	3,0 Eso-D
11)	3,0 Exo-D	2,5 Exo-D	1,0 Exo-D	1,0 Exo-D	0	0,5 Eso-D	1,0 Eso-D
12)	2,5 Exo-D	1,0 Exo-D	0,5 Exo-D	0,5 Exo-D	0,5 Eso-D	2,0 Eso-D	4,0 Eso-D
13)	1,0 Exo-D	2,5 Eso-D	2,5 Eso-D	3,0 Eso-D	4,5 Eso-D	5,0 Eso-D	6,0 Eso-D
14)	0,5 Exo-D	0	0,5 Eso-D	1,5 Eso-D	2,5 Eso-D	3,0 Eso-D	5,5 Eso-D
15)	0,5 Eso-D	1,5 Eso-D	2,5 Eso-D	3,0 Eso-D	4,0 Eso-D	4,5 Eso-D	6,0 Eso-D

Zusammenstellung zu Abb. 4.

	+ 3 D	+ 2 D	+ 1 D	0	- 1 D	- 2 D	- 3 D
1)	11,0 Exo-D	10,0 Exo-D	9,5 Exo-D	10,0 Exo-D	10,0 Exo-D	9,0 Exo-D	8,5 Exo-D
2)	11,0 Exo-D	8,0 Exo-D	6,5 Exo-D	4,0 Exo-D	3,0 Exo-D	1,0 Exo-D	0,5 Exo-D
3)	10,0 Exo-D	9,5 Exo-D	8,5 Exo-D	8,0 Exo-D	6,0 Exo-D	4,5 Exo-D	4,0 Exo-D
4)	10,0 Exo-D	7,0 Exo-D	5,0 Exo-D	3,0 Exo-D	0	1,5 Eso-D	3,0 Eso-D
5)	9,0 Exo-D	7,5 Exo-D	5,5 Exo-D	2,5 Exo-D	1,0 Exo-D	0,5 Exo-D	0,5 Exo-D
6)	9,0 Exo-D	7,0 Exo-D	5,5 Exo-D	3,5 Exo-D	2,5 Exo-D	1,5 Exo-D	0,5 Exo-D
7)	8,0 Exo-D	7,0 Exo-D	6,5 Exo-D	6,5 Exo-D	5,5 Exo-D	5,5 Exo-D	5,0 Exo-D
8)	8,0 Exo-D	7,0 Exo-D	4,5 Exo-D	3,0 Exo-D	2,5 Exo-D	1,0 Exo-D	0,5 Exo-D
9)	6,5 Exo-D	6,0 Exo-D	4,5 Exo-D	3,5 Exo-D	2,0 Exo-D	0,5 Exo-D	2,0 Eso-D
10)	6,0 Exo-D	4,0 Exo-D	2,5 Exo-D	1,0 Exo-D	1,5 Eso-D	2,5 Eso-D	5,0 Eso-D
11)	5,5 Exo-D	2,5 Exo-D	0,5 Exo-D	0	0,5 Eso-D	2,5 Eso-D	4,0 Eso-D
12)	5,0 Exo-D	4,5 Exo-D	2,0 Exo-D	0,5 Eso-D	1,5 Eso-D	2,5 Eso-D	4,5 Eso-D
13)	4,5 Exo-D	3,0 Exo-D	2,0 Exo-D	1,0 Exo-D	0,5 Eso-D	2,0 Eso-D	4,0 Eso-D
14)	4,0 Exo-D	4,0 Exo-D	2,5 Exo-D	1,5 Exo-D	1,0 Exo-D	0,5 Exo-D	1,5 Eso-D
15)	4,0 Exo-D	3,0 Exo-D	1,5 Exo-D	0	2,0 Eso-D	3,0 Eso-D	4,0 Eso-D

Zusammenstellung zu Abb. 5.

	+ 3 D	+ 2 D	+ 1 D	0	- 1 D	- 2 D	- 3 D
1)	10,5 Exo-D	9,0 Exo-D	7,0 Exo-D	6,0 Exo-D	4,0 Exo-D	3,0 Exo-D	1,0 Exo-D
2)	8,5 Exo-D	5,0 Exo-D	3,0 Exo-D	1,5 Exo-D	1,0 Exo-D	0,5 Exo-D	0,5 Eso-D
3)	8,0 Exo-D	7,0 Exo-D	7,0 Exo-D	6,5 Exo-D	6,0 Exo-D	5,0 Exo-D	4,0 Exo-D
4)	8,0 Exo-D	7,0 Exo-D	4,0 Exo-D	2,5 Exo-D	1,5 Exo-D	1,0 Exo-D	0,5 Exo-D
5)	7,5 Exo-D	8,0 Exo-D	7,5 Exo-D	7,0 Exo-D	6,5 Exo-D	6,5 Exo-D	6,0 Exo-D
6)	7,5 Exo-D	5,0 Exo-D	3,0 Exo-D	1,0 Exo-D	0,5 Exo-D	0,5 Eso-D	1,0 Eso-D
7)	7,0 Exo-D	6,5 Exo-D	5,0 Exo-D	4,5 Exo-D	3,5 Exo-D	2,5 Exo-D	1,0 Exo-D
8)	7,0 Exo-D	3,0 Exo-D		1,0 Eso-D	2,0 Eso-D	4,0 Eso-D	5,0 Eso-D
9)	6,5 Exo-D	5,0 Exo-D	5,0 Exo-D	4,0 Exo-D	3,5 Exo-D	3,0 Exo-D	3,0 Exo-D
10)	6,0 Exo-D	4,0 Exo-D	3,0 Exo-D	3,0 Exo-D	2,0 Exo-D	2,0 Exo-D	1,0 Exo-D
11)	5,5 Exo-D	4,0 Exo-D	4,0 Exo-D	3,5 Exo-D	2,5 Exo-D	1,0 Exo-D	1,0 Eso-D
12)	5,0 Exo-D	4,0 Exo-D	2,0 Exo-D	0,5 Exo-D	0	1,5 Eso-D	2,5 Eso-D
13)	4,5 Exo-D	3,0 Exo-D	2,0 Exo-D	1,0 Exo-D	1,0 Exo-D	0	1,0 Eso-D
14)	4,5 Exo-D	2,5 Exo-D	0,5 Exo-D	1,0 Eso-D	1,0 Eso-D	3,5 Eso-D	6,0 Eso-D
15)	4,0 Exo-D	3,0 Exo-D	3,0 Exo-D	2,5 Exo-D	1,0 Exo-D	0,5 Eso-D	1,5 Eso-D

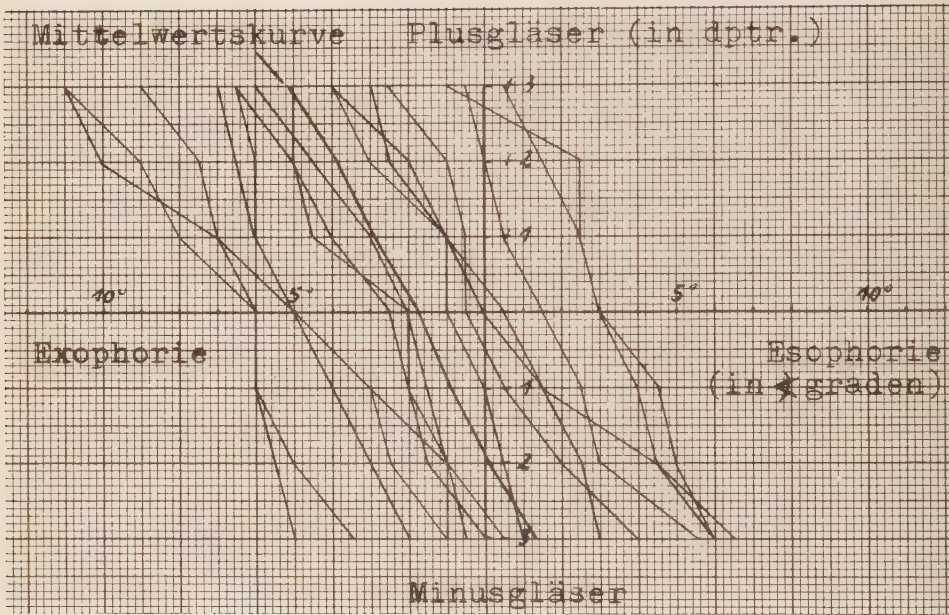


Abb. 3: Abhängigkeitsverhältnisse von Akkommodation zur akkommodativen Konvergenz bei 15 Personen mit normalem Binocularsehen. Der Untersuchungsabstand zur Skala beträgt 30 cm.



Abb. 2: In Anlehnung an den Maddox "wing test" konstruiertes Gerät zur Untersuchung der Beziehungen zwischen Akkommodation und akkommodativer Konvergenz.

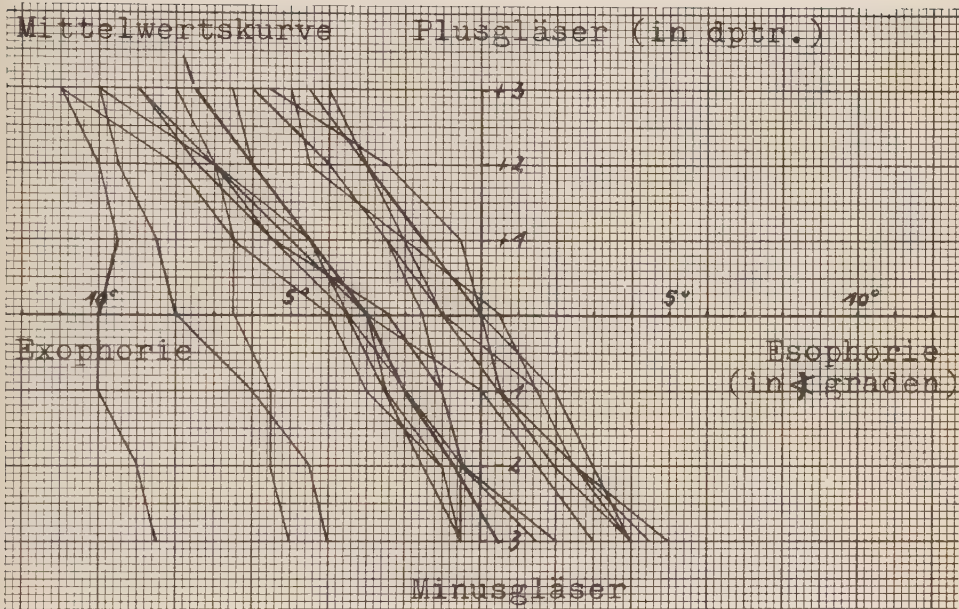


Abb. 4: Abhängigkeitsverhältnisse von Akkommodation zur akkommodativen Konvergenz bei 15 Personen mit normalem Binocularsehen. Der Untersuchungsabstand zur Skala beträgt 30 cm.

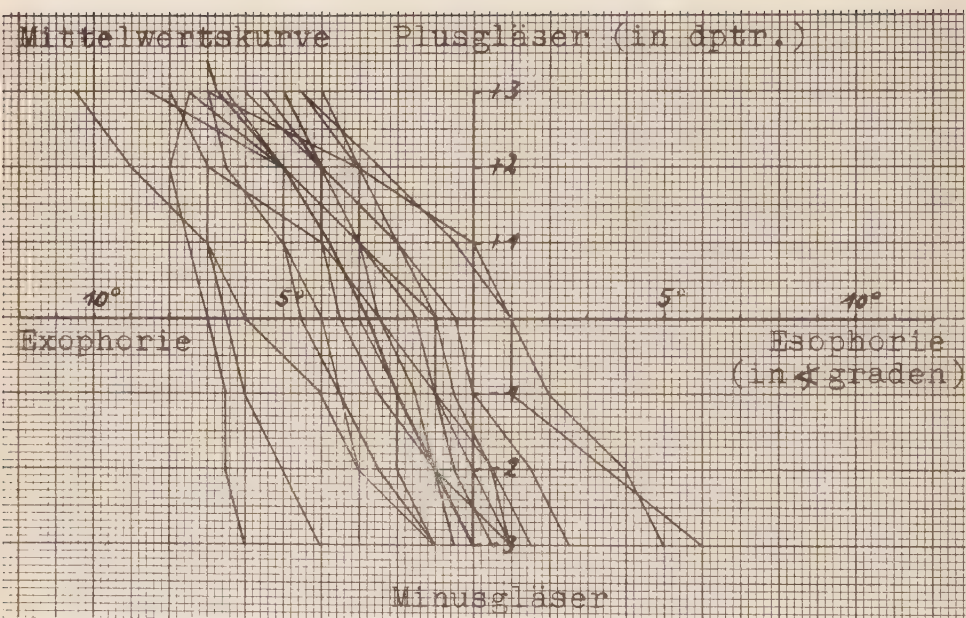


Abb. 5: Abhängigkeitsverhältnisse von Akkommodation zur akkommodativen Konvergenz bei 15 Personen mit normalem Binocularsehen. Der Untersuchungsabstand zur Skala beträgt 30 cm.

Zusammenstellung zu Abb. 6.

	+ 3 D	+ 2 D	+ 1 D	0	- 1 D	- 2 D	- 3 D
1)	12,0 Exo-D	11,5 Exo-D	10,0 Exo-D	8,5 Exo-D	7,5 Exo-D	6,0 Exo-D	4,0 Exo-D
2)	10,0 Exo-D	6,5 Exo-D	4,0 Exo-D	3,5 Exo-D	2,5 Exo-D	1,5 Exo-D	0,5 Exo-D
3)	6,5 Exo-D	4,5 Exo-D	4,0 Exo-D	3,0 Exo-D	2,5 Exo-D	2,0 Exo-D	1,0 Exo-D
4)	5,0 Exo-D	4,5 Exo-D	4,0 Exo-D	2,5 Exo-D	1,0 Exo-D	0,5 Exo-D	1,0 Eso-D
5)	5,0 Exo-D	4,0 Exo-D	3,5 Exo-D	1,5 Exo-D	1,5 Exo-D	1,0 Exo-D	0,5 Exo-D
6)	4,0 Exo-D	5,0 Exo-D	4,5 Exo-D	4,0 Exo-D	3,5 Exo-D	3,0 Exo-D	2,0 Exo-D
7)	3,5 Exo-D	3,0 Exo-D	3,0 Exo-D	1,5 Exo-D	0 Exo-D	1,5 Eso-D	2,5 Eso-D
8)	3,0 Exo-D	2,0 Exo-D	2,0 Exo-D	1,5 Exo-D	1,0 Exo-D	1,0 Exo-D	0 Exo-D
9)	3,0 Exo-D	2,0 Exo-D	2,0 Exo-D	1,0 Exo-D	0,5 Exo-D	1,0 Eso-D	2,0 Eso-D
10)	2,0 Exo-D	1,5 Exo-D	1,5 Exo-D	1,0 Exo-D	0,5 Exo-D	0 Exo-D	1,0 Eso-D
11)	2,0 Exo-D	1,0 Exo-D	1,0 Exo-D	0 Exo-D	0,5 Eso-D	1,0 Eso-D	1,5 Eso-D
12)	1,0 Exo-D	0 Exo-D	1,5 Eso-D	2,5 Eso-D	4,0 Eso-D	4,5 Eso-D	5,5 Eso-D
13)	0,5 Exo-D	0 Exo-D	1,0 Eso-D	2,0 Eso-D	3,0 Eso-D	3,5 Eso-D	4,5 Eso-D
14)	0 Exo-D	0,5 Eso-D	0,5 Eso-D	1,0 Eso-D	1,0 Eso-D	1,5 Eso-D	1,5 Eso-D
15)	0,5 Eso-D	0,5 Eso-D	1,0 Eso-D	1,0 Eso-D	1,0 Eso-D	1,5 Eso-D	2,0 Eso-D

Zusammenstellung zu Abb. 7.

	+ 3 D	+ 2 D	+ 1 D	0	- 1 D	- 2 D	- 3 D
1)	9, 0 Exo-D	8, 0 Exo-D	8, 0 Exo-D	6, 0 Exo-D	5, 0 Exo-D	4, 5 Exo-D	3, 0 Exo-D
2)	9, 0 Exo-D	7, 0 Exo-D	6, 0 Exo-D	4, 0 Exo-D	3, 0 Exo-D	2, 0 Exo-D	1, 0 Exo-D
3)	9, 0 Exo-D	7, 0 Exo-D	4, 0 Exo-D	2, 5 Exo-D	1, 0 Exo-D	0	1, 0 Eso-D
4)	8, 5 Exo-D	6, 5 Exo-D	5, 5 Exo-D	4, 0 Exo-D	2, 5 Exo-D	1, 5 Exo-D	1, 0 Exo-D
5)	7, 0 Exo-D	6, 0 Exo-D	4, 5 Exo-D	3, 0 Exo-D	2, 5 Exo-D	1, 5 Exo-D	0, 5 Eso-D
6)	6, 5 Exo-D	6, 0 Exo-D	6, 0 Exo-D	5, 0 Exo-D	4, 0 Exo-D	3, 5 Exo-D	2, 0 Exo-D
7)	6, 0 Exo-D	4, 5 Exo-D	3, 5 Exo-D	1, 0 Exo-D	5, 5 Eso-D	8, 5 Eso-D	10, 5 Eso-D
8)	4, 0 Exo-D	2, 0 Exo-D	1, 0 Exo-D	1, 0 Exo-D	1, 0 Eso-D	2, 0 Eso-D	2, 5 Eso-D
9)	3, 5 Exo-D	4, 0 Exo-D	5, 0 Exo-D	3, 5 Exo-D	4, 5 Exo-D	2, 5 Exo-D	3, 0 Exo-D
10)	3, 5 Exo-D	3, 5 Exo-D	2, 5 Exo-D	2, 0 Exo-D	1, 0 Exo-D	0, 5 Exo-D	0, 5 Eso-D
11)	3, 0 Exo-D	3, 0 Exo-D	2, 5 Exo-D	2, 5 Exo-D	1, 0 Eso-D	4, 0 Eso-D	6, 5 Eso-D
12)	3, 0 Exo-D	3, 0 Exo-D	2, 5 Exo-D	1, 0 Exo-D	0, 5 Exo-D	0, 5 Exo-D	0, 5 Eso-D
13)	3, 0 Exo-D	2, 5 Exo-D	1, 5 Exo-D	0	0, 5 Eso-D	1, 0 Eso-D	1, 0 Eso-D
14)	2, 5 Exo-D	1, 5 Exo-D	1, 0 Exo-D	0	1, 5 Eso-D	2, 0 Eso-D	2, 0 Eso-D
15)	2, 0 Exo-D	1, 5 Exo-D	1, 5 Exo-D	1, 0 Exo-D	1, 0 Exo-D	0, 5 Exo-D	0, 5 Exo-D

Zusammenstellung zu Abb. 8.

	+ 3 D	+ 2 D	+ 1 D	0	- 1 D	- 2 D	- 3 D
1)	9,5 Exo-D	7,0 Exo-D	5,0 Exo-D	5,0 Exo-D	4,0 Exo-D	2,5 Exo-D	1,5 Exo-D
2)	7,5 Exo-D	6,0 Exo-D	5,0 Exo-D	3,5 Exo-D	3,0 Exo-D	2,0 Exo-D	1,0 Exo-D
3)	6,5 Exo-D	3,5 Exo-D	1,5 Exo-D	0,5 Exo-D	1,5 Eso-D	2,5 Eso-D	4,0 Eso-D
4)	6,0 Exo-D	5,0 Exo-D	5,0 Exo-D	4,0 Exo-D	4,0 Exo-D	3,5 Exo-D	2,5 Exo-D
5)	6,0 Exo-D	5,0 Exo-D	4,5 Exo-D	3,5 Exo-D	3,5 Exo-D	2,0 Exo-D	1,0 Exo-D
6)	6,0 Exo-D	4,5 Exo-D	3,0 Exo-D	2,5 Exo-D	2,0 Exo-D	1,5 Exo-D	1,5 Exo-D
7)	5,5 Exo-D	4,0 Exo-D	2,5 Exo-D	2,0 Exo-D	2,0 Exo-D	1,0 Exo-D	0,5 Exo-D
8)	5,0 Exo-D	5,0 Exo-D	4,0 Exo-D	3,5 Exo-D	3,0 Exo-D	2,5 Exo-D	1,0 Exo-D
9)	5,0 Exo-D	4,5 Exo-D	3,0 Exo-D	2,0 Exo-D	1,0 Exo-D	1,0 Eso-D	1,5 Eso-D
10)	5,0 Exo-D	4,0 Exo-D	4,0 Exo-D	3,0 Exo-D	2,5 Exo-D	2,5 Exo-D	1,0 Exo-D
11)	5,0 Exo-D	4,0 Exo-D	3,0 Exo-D	2,5 Exo-D	2,5 Exo-D	0,5 Exo-D	0,5 Exo-D
12)	4,5 Exo-D	2,5 Exo-D	1,5 Exo-D	1,5 Exo-D	0,5 Exo-D	1,0 Eso-D	2,0 Eso-D
13)	4,5 Exo-D	1,5 Exo-D	0	1,0 Eso-D	2,5 Eso-D	2,5 Eso-D	3,0 Eso-D
14)	4,0 Exo-D	2,0 Exo-D	1,0 Exo-D	1,0 Exo-D	0,5 Eso-D	1,0 Eso-D	2,0 Eso-D
15)	3,0 Exo-D	3,0 Exo-D	2,0 Exo-D	1,0 Exo-D	1,0 Exo-D	0,5 Exo-D	1,5 Eso-D

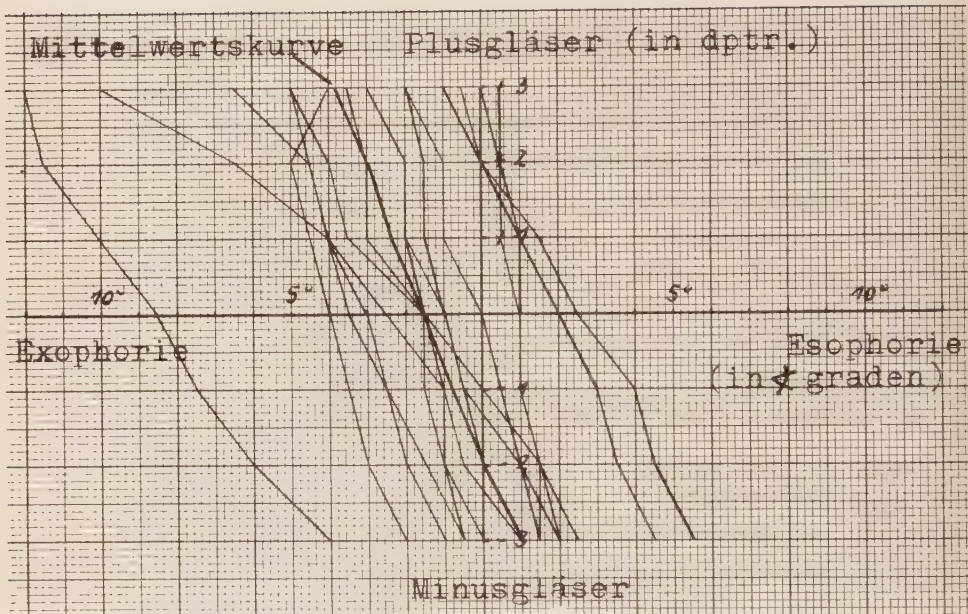


Abb. 6: Abhängigkeitsverhältnisse von Akkommodation zur akkommodativen Konvergenz bei 15 Personen mit normalem Binocularsehen. Der Untersuchungsabstand zur Skala beträgt 60 cm.

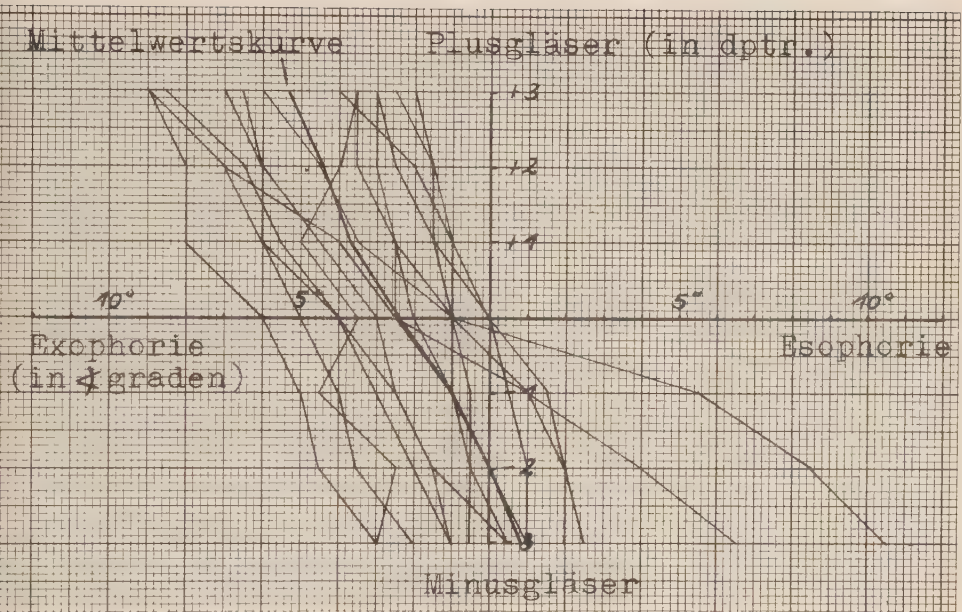


Abb. 7; Abhängigkeitsverhältnisse von Akkommodation zur akkommodativen Konvergenz bei 15 Personen mit normalem Binocularesehen. Der Untersuchungsabstand zur Skala beträgt 60 cm.

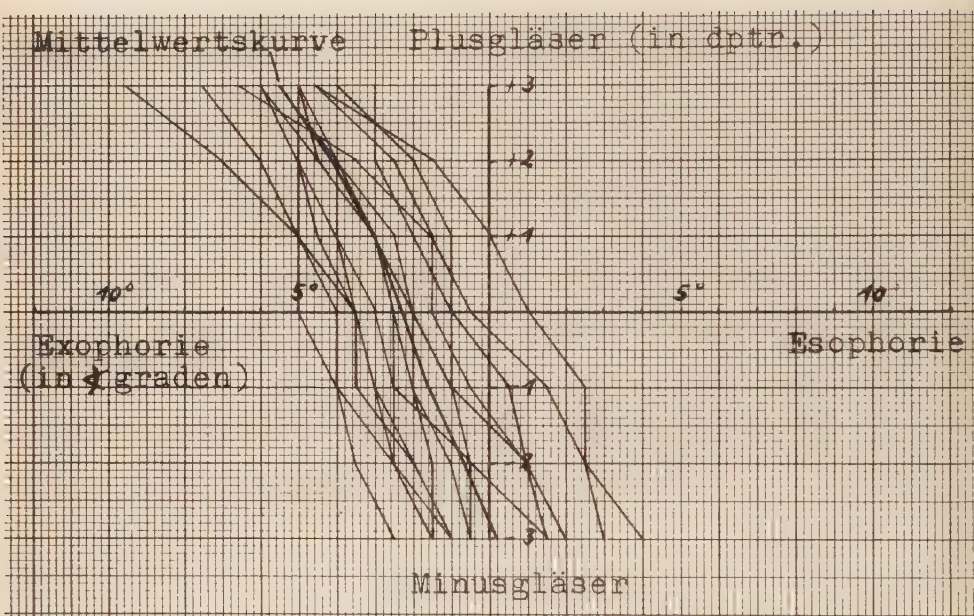


Abb. 8: Abhängigkeitsverhältnisse von Akkommodation zur akkommodativen Konvergenz bei 15 Personen mit normalem Binocularsehen. Der Untersuchungsabstand zur Skala beträgt 60 cm.

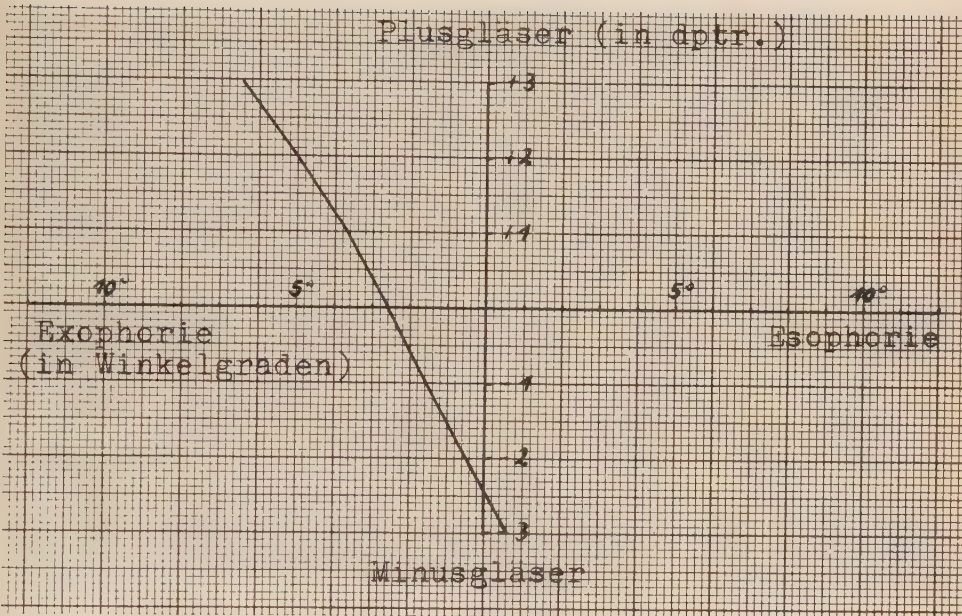


Abb. 9: Mittelwertskurve. Sie wurde errechnet aus den Einzelkurven, die sich aus den Untersuchungen von 45 normalsichtigen Personen ergaben. Der Untersuchungsabstand zur Skala beträgt 30 cm.

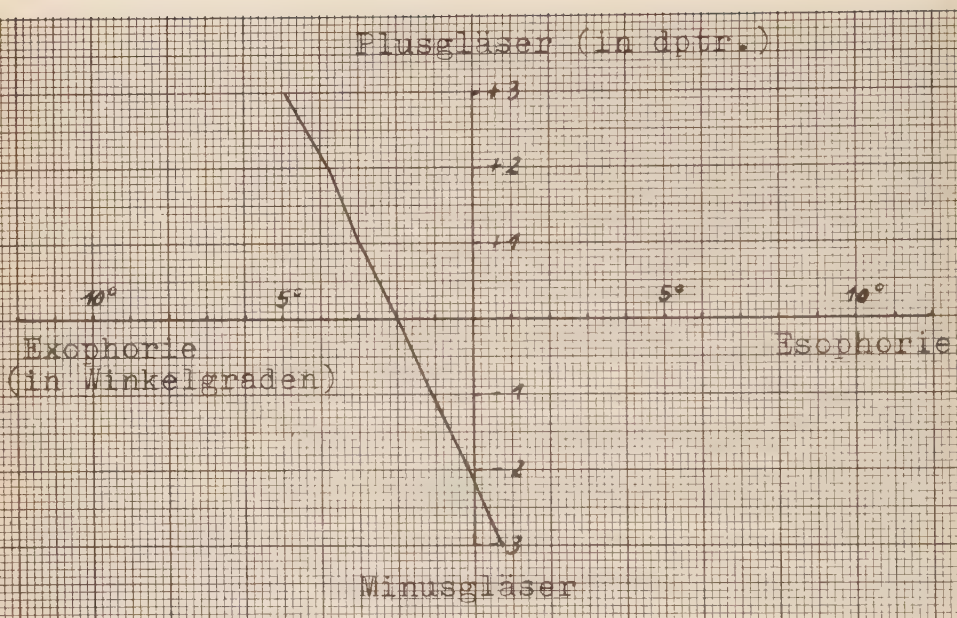


Abb. 10; Mittelwertskurve. Sie wurde errechnet aus den Einzelkurven, die sich aus den Untersuchungen von 45 normalsichtigen Personen ergaben. Der Untersuchungsabstand zur Skala beträgt 60 cm.

Die Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Akkommodation und akkommodativer Konvergenz, wie sie im Vorhergehenden an Normalsichtigen durchgeführt wurden, sollten nun auch an Patienten mit operativ korrigiertem Begleitschielen vorgenommen werden.

Im folgenden sind die Befunde von 40 Patienten vorangestellt, an denen post-operativ die oben ausführlich behandelten Untersuchungen vorgenommen wurden. Die angegebenen objektiven und subjektiven Schielwinkel wurden am Synoptophor ermittelt. Die Dioptrik des Synoptophors entspricht einer angenäherten Fernpunkteinstellung, so daß bei der Schielwinkelermittlung kein Akkommodationsaufwand erforderlich ist, jedoch ist bekannt, daß durch das vom Gerät vermittelte Nähegefühl individuell unterschiedliche tonische Konvergenzimpulse ausgelöst werden können. Sowohl bei der Prüfung am Synoptophor als auch an dem von mir benutzten Heterophorometer wurde bei Vorliegen einer Refraktionsanomalie immer die entsprechende Brille getragen.

- 1) H. - J. E. : geb. 1950. Strab. conv. concom. alt. ; Schielbeginn: 3. Lebensjahr; 1959 Operation: Internusrücklagerung li; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 2,75 sph. = $5/5$, li: c.v. + 3,5 sph. = $5/7$; der objektive Winkel: + 5° , der subjektive Winkel: + 6° .
- 2) H. - W. K. : geb. 1949. Strab. conv. concom. alt. ; Schielbeginn: 6. Lebensjahr; 1959 Operation: Internusrücklagerung re; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 0,75 sph. = $5/4$, li: c.v. + 1,0 sph. = $5/4$; der obj. Winkel: + 7° , der subj. Winkel: + 3° .
- 3) G. R. : geb. 1953. Strab. conv. concom. alt. ; schielt seit der Geburt; 1959 zwei Operationen: komb. Vor- und Rücklagerung re, einfache Internusrücklagerung li; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 3,5 sph. 0,5 zyl. A. 90° = $5/7$, li: c.v. + 4,0 sph. = $5/4$; der obj. Winkel: - 4° bis - 5° , der subj. Winkel: - 2° .
- 4) H. S. : geb. 1950. Strab. conv. concom. unilat. mit Zustand nach erfolgreich behandelter Amblyopie li; schielt seit der Geburt; 1959 Operation: komb. Vor- und Rücklagerung li; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 4,0 sph. = $5/4$, li: c.v. + 4,0 sph. = $5/5$; der obj. und subj. Winkel: - 7° .
- 5) D. S. : geb. 1954. Strab. conv. concom. alt. mit Zustand nach erfolgreich behandelter Amblyopie li; Schielbeginn: 18. Lebensmonat; 1959 Operation: komb. Vor- und Rücklagerung li; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 1,5 sph. = $5/4$, li: c.v. + 2,5 sph. = $5/5$; der obj. und subj. Winkel: + 8° .

- 6) X. F. : geb. 1947. Strab. conv. concom. alt. ; schielt seit dem 2. Lebensjahr nach Lungenentzündung; Operationen: 1958 komb. Vor- und Rücklagerung re, 1959 Internusrücklagerung li; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 1,5 sph. = $5/4$, li: c.v. + 1,5 sph. = $5/4$; der obj. und subj. Winkel: -5° bis -10° .
- 7) E. K. : geb. 1952. Strab. conv. concom. alt.; Schielbeginn: 3. Lebensjahr; 1959 Operation: komb. Vor- und Rücklagerung li; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 3,5 sph. = $5/4$, li: c.v. + 4,0 sph. = $5/7$; der obj. Winkel: $+3^{\circ}$, der subj. Winkel: $+5^{\circ}$.
- 8) M. G. : geb. 1952. Strab. conv. concom. unilat. ; im 4. Lebensjahr plötzliches Einwärtsschielen re nach Masern; 1959 Operation: komb. Vor- und Rücklagerung re; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 3,0 sph. + 1,75 zyl. A $90^{\circ} = 5/20$, li: c.v. + 3,5 sph. + 0,75 zyl. A $90^{\circ} = 5/5$; der obj. Winkel: $+4^{\circ}$, der subj. Winkel: $+1^{\circ}$.
- 9) M. S. : geb. 1949. Strab. conv. concom. alt. ; schielt seit dem 2. Lebensjahr nach Masern, Scharlach, Keuchhusten; 1959 Operation: komb. Vor- und Rücklagerung re; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 3,0 sph. = $5/7$, li: c.v. + 1,5 sph. = $5/4$; der obj. und subj. Winkel: $+2^{\circ}$.
- 10) A. B. : geb. 1951. Strab. conv. concom. alt. ; schielt seit der Geburt; 1959 zwei Operationen: komb. Vor- und Rücklagerung li, Internusrücklagerung re; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 3,0 sph. = $5/5$, li: c.v. + 1,5 sph. = $5/4$; der obj. Winkel: -2° , der subj. Winkel: $+4^{\circ}$.
- 11) R. M. : geb. 1953. Strab. conv. concom. alt. ; Schielbeginn: 2. Lebensjahr; 1959 zwei Operationen: komb. Vor- und Rücklagerung li, Internusrücklagerung re; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 0,75 sph. = $5/7$, li: c.v. + 1,25 sph. = $5/7$; der obj. Winkel: -1° , der subj. Winkel: $+1^{\circ}$.
- 12) G. S. : geb. 1949. Strab. conv. concom. unilat. li mit Amblyopie; schielt seit der Geburt; 1959 Operation: Internusrücklagerung li; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 4,0 sph. = $5/4$, li: c.v. + 4,5 sph. = 0,33 E; der obj. Winkel: $+4^{\circ}$, der subj. Winkel: 0° .
- 13) C. D. : geb. 1950. Strab. div. concom. alt. ; Schielen seit Schulbeginn; 1959 Operation: komb. Vor- und Rücklagerung li; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. - 0,5 sph. = $5/4$, li: c.v. plan = $5/5$; der obj. und subj. Winkel: -7° .

- 14) C.: W.: geb. 1948. Strab. conv. concom. alt.; schielt seit dem 3. Lebensjahr nach Scharlach; 1959 Operation: Internusrücklagerung li; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 1,75 sph. = 5/4, li: c.v. + 2,0 sph. = 5/5; der obj. Winkel: + 5°, der subj. Winkel: - 1°.
- 15) M. H.: geb. 1951. Strab. div. concom. alt.; schielt seit der Geburt; 1959 zwei Operationen: komb. Vor- und Rücklagerung re + li; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 1,5 sph. + 1,0 zyl. A 90° = 5/15, li: c.v. + 1,5 sph. = 5/15; der obj. Winkel: - 8°, der subj. Winkel: - 6°.
- 16) G. B.: geb. 1952. Strab. conv. concom. alt.; schielt seit der Geburt; 1959 Operation: komb. Vor- und Rücklagerung li; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 2,5 sph. = 5/7, li: c.v. + 2,0 sph. = 5/7; der obj. und subj. Winkel: + 9°.
- 17) U. B.: geb. 1951. Strab. conv. concom. alt.; schielt seit der Geburt; 1959 Operation: Internusrücklagerung re; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 2,0 sph. = 5/5, li: c.v. + 3,0 sph. = 5/5; der obj. Winkel: + 6°, der subj. Winkel: + 2°.
- 18) L. S.: geb. 1952. Strab. conv. concom. alt.; Schielbeginn: 1 1/2 Jahre nach der Geburt nach Keuchhusten; zwei Operationen: 1958 komb. Vor- und Rücklagerung li, 1959 Internusrücklagerung re; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 2,5 sph. = 5/5, li: c.v. + 2,5 sph. + 0,5 zyl. A 90° = 5/5; der obj. Winkel: + 1°, der subj. Winkel: + 7°.
- 19) K.- H. F.: geb. 1950. Strab. conv. concom. alt.; schielt seit dem ersten Lebensjahr; Ende 1958 Operation: komb. Vor- und Rücklagerung re; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 2,0 sph. + 0,75 zyl. A 90° = 5/10. li: c.v. + 0,75 sph. = 5/10; der obj. und subj. Winkel: + 8°.
- 20) G. F.: geb. 1951. Strab. conv. concom. alt.; Schielbeginn: 4. Lebensjahr; 1959 zwei Operationen: komb. Vor- und Rücklagerung li, Internusrücklagerung re; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 2,5 sph. = 5/7, li: c.v. + 3,0 sph. = 5/5; der obj. Winkel: 0°, der subj. Winkel: + 4°.
- 21) G. H.: geb. 1950. Strab. conv. concom. alt.; Schielbeginn: 2. Lebensjahr; 1959 Operation: Internusrücklagerung li; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: s.v. 5/5, li: s.v. 5/5; der obj. und subj. Winkel: + 12°.

- 22) S. G.: geb. 1951. Strab. conv. concom. alt.; Schielbeginn: 2. Lebensjahr; 1959 Operation: Internusrücklagerung re; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 1,5 sph. = 5/5, li: c.v. + 2,0 sph. = 5/4; der obj. Winkel: + 2°, der subj. Winkel: + 5°.
- 23) B. K.: geb. 1950. Strab. div. concom. alt.; Schielbeginn: 1. Lebensjahr; 1959 Operation: Internusrücklagerung li; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 4,0 sph. = 5/5, li: c.v. + 4,0 sph. = 5/5; der obj. und subj. Winkel: - 3°.
- 24) H. M.: geb. 1949. Strab. conv. concom. unilat. mit Zustand nach erfolgreich behandelter Amblyopie li; schielt seit dem 3. Lebensjahr; 1959 Operation: komb. Vor- und Rücklagerung li; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 2,5 sph. + 1,0 zyl. A 90° = 5/5, li: c.v. + 3,0 sph. = 5/7; der obj. Winkel: + 3°, der subj. Winkel: + 5°.
- 25) H. O.: geb. 1953. Strab. conv. concom. alt.; schielt seit dem ersten Lebensjahr; 1959 zwei Operationen: Internusrücklagerung re + li, komb. Vor- und Rücklagerung re; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 4,0 sph. = 5/4, li: c.v. + 3,75 sph. = 5/4; der obj. und subj. Winkel: + 2°.
- 26) K. P.: geb. 1952. Strab. conv. concom. alt.; schielt seit dem 2. Lebensjahr; Anfang 1960; komb. Vor- und Rücklagerung li; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 5,0 sph. = 5/5, li: c.v. + 4,0 sph. = 5/4; der obj. Winkel: + 7°, der subj. Winkel: + 3°.
- 27) R. P.: geb. 1949. Strab. conv. concom. alt.; schielt seit dem 6. Lebensjahr; 1960 Operation: komb. Vor- und Rücklagerung re; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 0,75 sph. = 5/7, li: c.v. + 0,75 sph. = 5/5; der obj. Winkel: - 5°, der subj. Winkel: - 9°.
- 28) H. K.: geb. 1949. Strab. conv. concom. alt.; schielt seit dem 2. Lebensjahr; 1960 Operation: Internusrücklagerung re; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 2,5 sph. = 5/4, li: c.v. + 2,5 sph. = 5/4; der obj. und subj. Winkel: + 7°.
- 29) M. G.: geb. 1952. Strab. conv. concom. unilat.; plötzliches Einwärts-schielen re mit 3 Jahren; Anfang 1959 Operation: komb. Vor- und Rücklagerung re; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 3,5 sph. = 5/7, li: c.v. + 2,75 sph. = 5/4; der obj. Winkel: 0°, der subj. Winkel: + 1°.
- 30) M. S.: geb. 1950. Strab. conv. concom. alt.; Schielbeginn: 2. Lebensjahr; 1959 Operation: komb. Vor- und Rücklagerung re; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 2,25 sph. = 5/7, li: c.v. + 2,25 sph. = 5/4; der obj. Winkel: + 1°, der subj. Winkel: - 2°.

- 31) J. E. : geb. 1951. Strab. conv. concom. alt. ; Schielbeginn: Ende des 3. Lebensjahres; Ende 1958 Operation: Internusrücklagerung li; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 1,5 sph. = 5/7, li: c.v. + 1,5 sph. = 5/7; der obj. und subj. Winkel: + 10°.
- 32) P. B. : geb. 1948. Strab. conv. concom. unilat. ; schielt seit dem 2. Lebensjahr; 1958 Operation: komb. Vor- und Rücklagerung re; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 3,0 sph. = 5/5, li: c.v. + 3,0 sph. = 5/5; der obj. und subj. Winkel: + 2°.
- 33) I. - G. O. : geb. 1943. Strab. conv. concom. unilat. ; schielt seit Schulbeginn; Mitte 1959 Operation: Internusrücklagerung re; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. - 0,5 sph. = 5/12 p, li: c.v. - 0,5 sph. = 5/20 p; der obj. Winkel: + 15°, der subj. Winkel: + 4°.
- 34) B. B. : geb. 1952. Strab. conv. concom. alt. ; schielt seit dem ersten Lebensjahr; 1959 Operation: komb. Vor- und Rücklagerung li; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 6,0 sph. = 5/7, li: c.v. + 5,0 sph. = 5/7; der obj. Winkel: + 14°, der subj. Winkel: + 4°.
- 35) G. H. : geb. 1937. Strab. conv. concom. alt. ; schielt seit dem 2. Lebensjahr; 1959 Operation: Internusrücklagerung li; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: s.v. 5/5, li: s.v. 5/5; der obj. und subj. Winkel: + 13°.
- 36) D. St. : geb. 1948. Strab. conv. concom. alt. ; schielt seit dem 2. Lebensjahr; 1959 Operation: Internusrücklagerung re; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 2,5 sph. = 5/5, li: c.v. + 1,5 sph. = 5/5; der obj. und subj. Winkel: + 1°.
- 37) O. T. : geb. 1954. Strab. conv. concom. alt. ; Schielbeginn: 3. Lebensjahr; Anfang 1960 Operation: Internusrücklagerung re; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 4,5 sph. = 5/5, li: c.v. + 5,5 sph. = 5/5; der obj. und subj. Winkel: - 2°.
- 38) H. E. : geb. 1953. Strab. conv. concom. unilat. re; schielt seit dem 3. Lebensjahr; 1959 Operation: komb. Vor- und Rücklagerung re; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 3,5 sph. = 5/5, li: c.v. + 3,0 sph. = 5/4; der obj. und subj. Winkel: + 2°.
- 39) I. S. : geb. 1951. Strab. conv. concom. alt. ; schielt seit dem 3. Lebensjahr; Anfang 1959 zwei Operationen: komb. Vor- und Rücklagerung li, Internusrücklagerung re; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 1,5 sph. = 5/7, li: c.v. + 1,0 sph. + 2,0 zyl. A 90° = 5/20; der obj. Winkel: 0°, der subj. Winkel: + 4°.

- 40) F. G. : geb. 1951. Strab. conv. concom. alt. ; schielt seit dem 3. Lebensjahr; 1959 zwei Operationen: komb. Vor- und Rücklagerung li, Internusrücklagerung re; zum Zeitpunkt der Untersuchung war: der Visus re: c.v. + 1,0 sph. = 5/5, li: c.v. + 1,0 sph. = 5/5; der obj. Winkel: $+2^{\circ}$, der subj. Winkel: $+3^{\circ}$.

Die Untersuchungsergebnisse, die in den untenstehenden Abbildungen 11 - 19 graphisch dargestellt sind, ergaben, daß es einen Synergismus zwischen Akkommodation und akkommodativer Konvergenz bei Patienten mit operativ korrigiertem Begleitschielen nicht gibt. Die linearen Beziehungen der genannten Funktionen bei Normalsichtigen, wie sie aus den Kurven in den Abbildungen 3 - 10 eindeutig hervorgehen, liegen bei Schielpatienten nicht vor, gleichgültig ob ein Strabismus convergens oder divergens, vom alternierenden oder unilateralen Typus bestand. Ein Konkavglas von - 3 dptr., das bei Normalsichtigen durch den erforderlichen Akkommodationsaufwand eine akkommodative Konvergenz der Bulbi von einem oder mehreren Winkelgraden hervorruft, kann bei Schielpatienten sowohl eine Konvergenz als auch eine Divergenz verursachen oder vollkommen wirkungslos bleiben, was aus den Kurven zu ersehen ist. Allerdings muß bei der Beurteilung der gewonnenen Kurven noch auf einen Punkt hingewiesen werden, der bei der von mir benutzten Untersuchungsmethode nicht isoliert zu erfassen ist. Mit diesem Punkt ist der Einfluß auf die subjektive Lokalisation bezüglich Pfeil und Zahlenskala gemeint, der durch eine fehlerhafte sensorische binoculare Zusammenarbeit im Sinne einer anomalen Sehrichtungsgemeinschaft zustande kommen kann. Deswegen wurde bei allen Patienten auch der subjektive Schielwinkel mit angegeben. Ob dieser allerdings bei allen Beobachtungsentfernungen gleich ist, ist bis heute noch nicht entschieden.

Zur Erläuterung der nachstehenden Abbildungen sei gesagt, daß die Nummerierung der Kurven mit der Nummerierung der vorstehenden Befunde der einzelnen Patienten identisch ist. Das gleiche gilt für die nachstehende Tabelle.

Tabellarische Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse bezüglich der Eso- und Exo-Disparation unter Vorsatz von sphärischen Plus- und Minusgläsern von 1 bis 3 Dioptrien in einem Untersuchungsabstand von 30 cm und 60 cm.

	+ 3 D	+ 2 D	+ 1 D	0	- 1 D	- 2 D	- 3 D
1)	5, 0 Exo-D	11, 0 Exo-D	14, 0 Exo-D	8, 0 Exo-D	10, 0 Exo-D	8, 0 Exo-D	12, 0 Exo-D
2)	2, 0 Exo-D	2, 0 Exo-D	2, 0 Exo-D	2, 0 Exo-D	2, 0 Exo-D	2, 0 Exo-D	2, 0 Exo-D
3)	7, 0 Exo-D	0, 5 Exo-D	4, 5 Exo-D	2, 5 Exo-D	10, 5 Eso-D	11, 0 Eso-D	12, 5 Eso-D
4)	1, 0 Eso-D	0	0	1, 0 Exo-D	0	2, 5 Eso-D	0
5)	5, 0 Eso-D	5, 0 Eso-D	5, 0 Eso-D	4, 5 Eso-D	4, 5 Eso-D	5, 0 Eso-D	5, 0 Eso-D
6)	8, 5 Eso-D	8, 0 Eso-D	7, 0 Eso-D	1, 0 Eso-D	8, 0 Eso-D	5, 0 Eso-D	5, 5 Eso-D
7)	5, 5 Exo-D	4, 5 Exo-D	2, 5 Exo-D	6, 5 Exo-D	2, 5 Exo-D	1, 0 Eso-D	1, 0 Exo-D
8)	6, 0 Exo-D	5, 0 Exo-D	7, 0 Exo-D	3, 0 Exo-D	4, 0 Exo-D	1, 0 Exo-D	5, 0 Exo-D
9)	3, 0 Exo-D	2, 0 Exo-D	5, 5 Exo-D	2, 5 Exo-D	2, 5 Exo-D	4, 5 Exo-D	1, 0 Exo-D
10)	1, 5 Eso-D	1, 5 Eso-D	4, 0 Eso-D	3, 0 Eso-D	2, 0 Eso-D	8, 0 Eso-D	7, 0 Eso-D
11)	12, 0 Exo-D	10, 5 Exo-D	9, 0 Exo-D	8, 5 Exo-D	1, 0 Exo-D	1, 0 Exo-D	1, 0 Exo-D
12)	3, 0 Exo-D	1, 0 Exo-D	0, 5 Exo-D	0, 5 Exo-D	3, 5 Eso-D	2, 5 Eso-D	7, 5 Eso-D
13)	1, 5 Eso-D	1, 5 Eso-D	1, 5 Eso-D	1, 5 Eso-D	1, 5 Eso-D	1, 5 Eso-D	1, 5 Eso-D
14)	9, 0 Exo-D	7, 0 Exo-D	8, 0 Exo-D	5, 0 Exo-D	6, 5 Exo-D	4, 0 Exo-D	8, 0 Exo-D
15)	2, 0 Eso-D	6, 0 Eso-D	5, 5 Eso-D	4, 0 Eso-D	7, 0 Eso-D	7, 5 Eso-D	5, 0 Eso-D

	+ 3 D	+ 2 D	+ 1 D	0	- 1 D	- 2 D	- 3 D
31)	1, 0 Exo-D	1, 0 Exo-D	1, 0 Exo-D	0, 5 Exo-D	0, 5 Eso-D	0, 5 Eso-D	1, 0 Exo-D
32)	3, 0 Exo-D	4, 0 Exo-D	4, 0 Exo-D	0	2, 5 Eso-D	5, 5 Eso-D	6, 5 Eso-D
33)	5, 0 Exo-D	6, 0 Exo-D	3, 0 Exo-D	1, 0 Exo-D	0	2, 5 Eso-D	1, 0 Eso-D
34)	11, 0 Exo-D	6, 5 Eso-D	4, 5 Eso-D	0, 5 Exo-D	13, 0 Exo-D	4, 0 Exo-D	9, 0 Exo-D
35)	3, 5 Eso-D	4, 5 Eso-D	5, 0 Eso-D	8, 0 Eso-D	6, 5 Eso-D	8, 5 Eso-D	10, 5 Eso-D
36)	4, 5 Exo-D	2, 5 Exo-D	1, 5 Exo-D	1, 0 Exo-D	1, 0 Eso-D	0	1, 5 Eso-D
37)	2, 5 Eso-D	3, 0 Eso-D	4, 0 Exo-D	2, 0 Eso-D	6, 0 Exo-D	2, 5 Eso-D	7, 0 Exo-D
38)	5, 0 Exo-D	2, 0 Exo-D	0, 5 Eso-D	4, 0 Exo-D	6, 0 Exo-D	3, 0 Exo-D	4, 5 Exo-D
39)	7, 0 Exo-D	9, 0 Exo-D	7, 5 Exo-D	6, 0 Exo-D	7, 0 Exo-D	8, 0 Exo-D	11, 0 Exo-D
40)	6, 0 Exo-D	3, 5 Exo-D	4, 5 Exo-D	4, 0 Exo-D	3, 0 Exo-D	6, 0 Exo-D	8, 0 Exo-D

Analog zur vorstehenden Tabelle folgt nun die tabellarische Zusammenstellung der in einem Untersuchungsabstand von 60 cm gefundenen Werte.

	+ 3 D	+ 2 D	+ 1 D	0	- 1 D	- 2 D	- 3 D
1)	10,0 Exo-D	7,0 Exo-D	14,0 Exo-D	8,0 Exo-D	13,0 Exo-D	9,0 Exo-D	11,0 Exo-D
2)	2,0 Exo-D	2,0 Exo-D	2,0 Exo-D	2,0 Exo-D	2,0 Exo-D	2,0 Exo-D	2,0 Exo-D
3)	9,0 Exo-D	8,0 Exo-D	12,0 Exo-D	4,0 Exo-D	4,0 Exo-D	5,0 Exo-D	5,0 Exo-D
4)	14,0 Exo-D	15,0 Exo-D	11,0 Exo-D	6,0 Exo-D	4,0 Exo-D	6,0 Exo-D	0
5)	5,0 Eso-D	5,0 Eso-D	4,0 Eso-D	1,0 Exo-D	4,0 Eso-D	4,0 Eso-D	4,0 Eso-D
6)	3,0 Eso-D	8,0 Eso-D	1,0 Eso-D	2,0 Eso-D	6,0 Eso-D	5,0 Eso-D	1,0 Eso-D
7)	4,5 Exo-D	5,0 Exo-D	1,5 Exo-D	6,0 Exo-D	4,0 Exo-D	1,0 Exo-D	3,0 Exo-D
8)	5,0 Exo-D	6,0 Exo-D	3,0 Exo-D	7,0 Exo-D	2,0 Exo-D	4,0 Exo-D	4,5 Exo-D
9)	4,0 Exo-D	7,0 Exo-D	6,0 Exo-D	6,0 Exo-D	13,0 Exo-D	9,0 Exo-D	11,0 Exo-D
10)	1,5 Eso-D	1,5 Eso-D	4,0 Eso-D	3,0 Eso-D	2,0 Eso-D	8,0 Eso-D	7,0 Eso-D
11)	6,0 Exo-D	7,0 Exo-D	9,0 Exo-D	8,5 Exo-D	6,5 Exo-D	3,0 Exo-D	4,0 Exo-D
12)	0,5 Exo-D	3,0 Exo-D	0,5 Exo-D	0,5 Exo-D	1,5 Eso-D	1,0 Exo-D	0,5 Eso-D
13)	1,5 Eso-D	1,5 Eso-D	1,5 Eso-D	1,5 Eso-D	1,5 Eso-D	1,5 Eso-D	1,5 Eso-D
14)	0	1,5 Exo-D	2,0 Exo-D	3,0 Exo-D	4,0 Eso-D	3,0 Eso-D	2,0 Eso-D
15)	2,0 Exo-D	3,0 Exo-D	7,0 Exo-D	5,5 Exo-D	3,5 Exo-D	6,0 Exo-D	1,0 Exo-D

	+ 3 D	+ 2 D	+ 1 D	0	- 1 D	- 2 D	- 3 D
31)	5, 0 Exo-D	5, 5 Exo-D	8, 5 Exo-D	6, 0 Exo-D	3, 5 Exo-D	6, 5 Exo-D	7, 5 Exo-D
32)	7, 5 Eso-D	8, 5 Eso-D	6, 5 Eso-D	4, 5 Eso-D	9, 5 Eso-D	9, 5 Eso-D	12, 5 Eso-D
33)	7, 0 Exo-D	4, 0 Exo-D	4, 0 Exo-D	4, 0 Exo-D	0	3, 0 Eso-D	1, 5 Eso-D
34)	10, 0 Exo-D	11, 0 Exo-D	15, 0 Exo-D	6, 0 Exo-D	2, 0 Exo-D	5, 0 Exo-D	5, 0 Exo-D
35)	5, 0 Eso-D	6, 5 Eso-D	3, 5 Eso-D	7, 0 Eso-D	8, 0 Eso-D	4, 5 Eso-D	9, 0 Eso-D
36)	1, 0 Eso-D	0, 5 Exo-D	1, 5 Eso-D	0, 5 Eso-D	0, 5 Eso-D	1, 5 Eso-D	2, 0 Eso-D
37)	4, 0 Exo-D	1, 5 Eso-D	4, 0 Exo-D	2, 0 Eso-D	1, 0 Eso-D	5, 0 Exo-D	3, 0 Eso-D
38)	3, 0 Exo-D	1, 0 Exo-D	4, 5 Exo-D	2, 5 Exo-D	1, 5 Eso-D	3, 5 Exo-D	1, 0 Exo-D
39)	1, 5 Eso-D	5, 5 Eso-D	3, 5 Eso-D	5, 5 Eso-D	7, 0 Eso-D	9, 5 Eso-D	6, 5 Eso-D
40)	8, 0 Exo-D	7, 0 Exo-D	4, 5 Exo-D	7, 5 Exo-D	9, 0 Exo-D	8, 0 Exo-D	10, 0 Exo-D

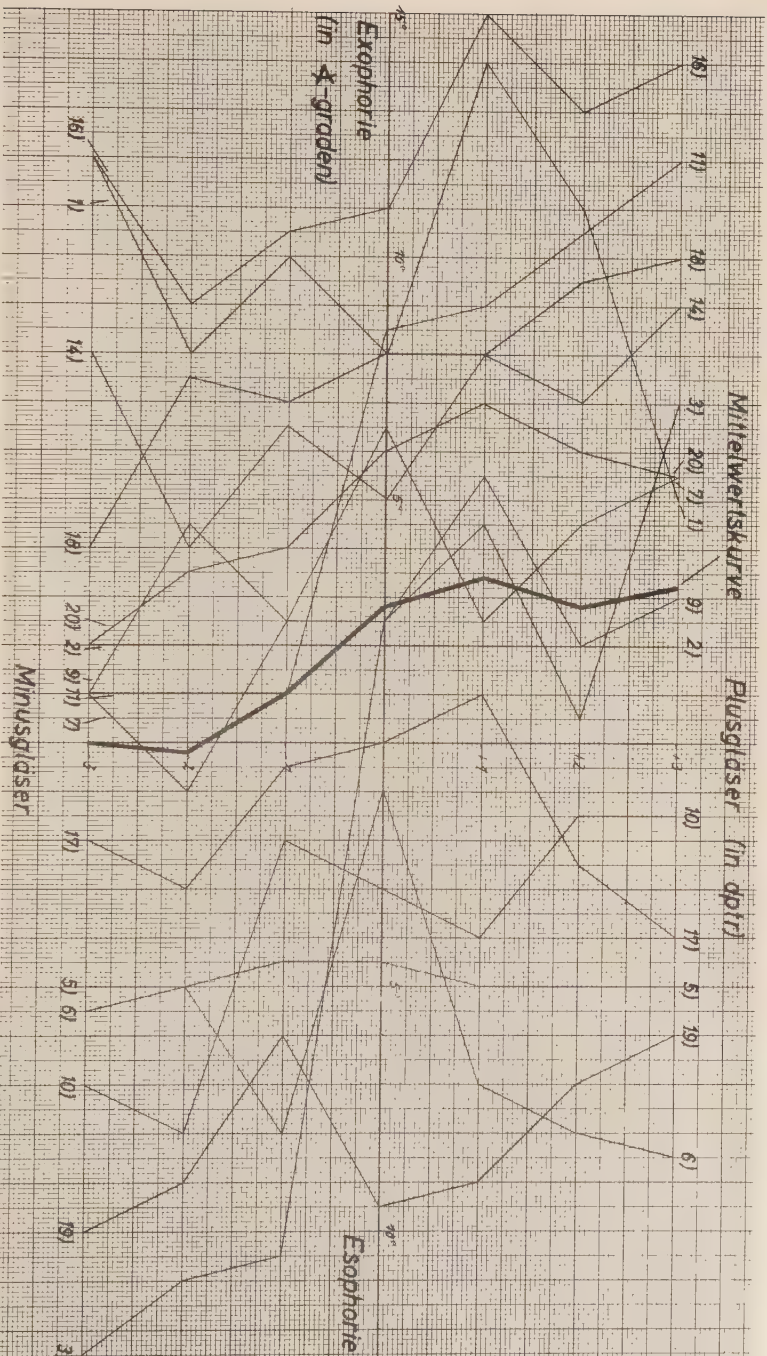


Abb. 11: Abhängigkeitsverhältnisse von Akkommodation zur akkommodativen Konvergenz bei 15 Patienten, deren Strab. conv. concm. alt. operativ korrigiert wurde. Der Untersuchungsabstand zur Skala beträgt 30 cm.

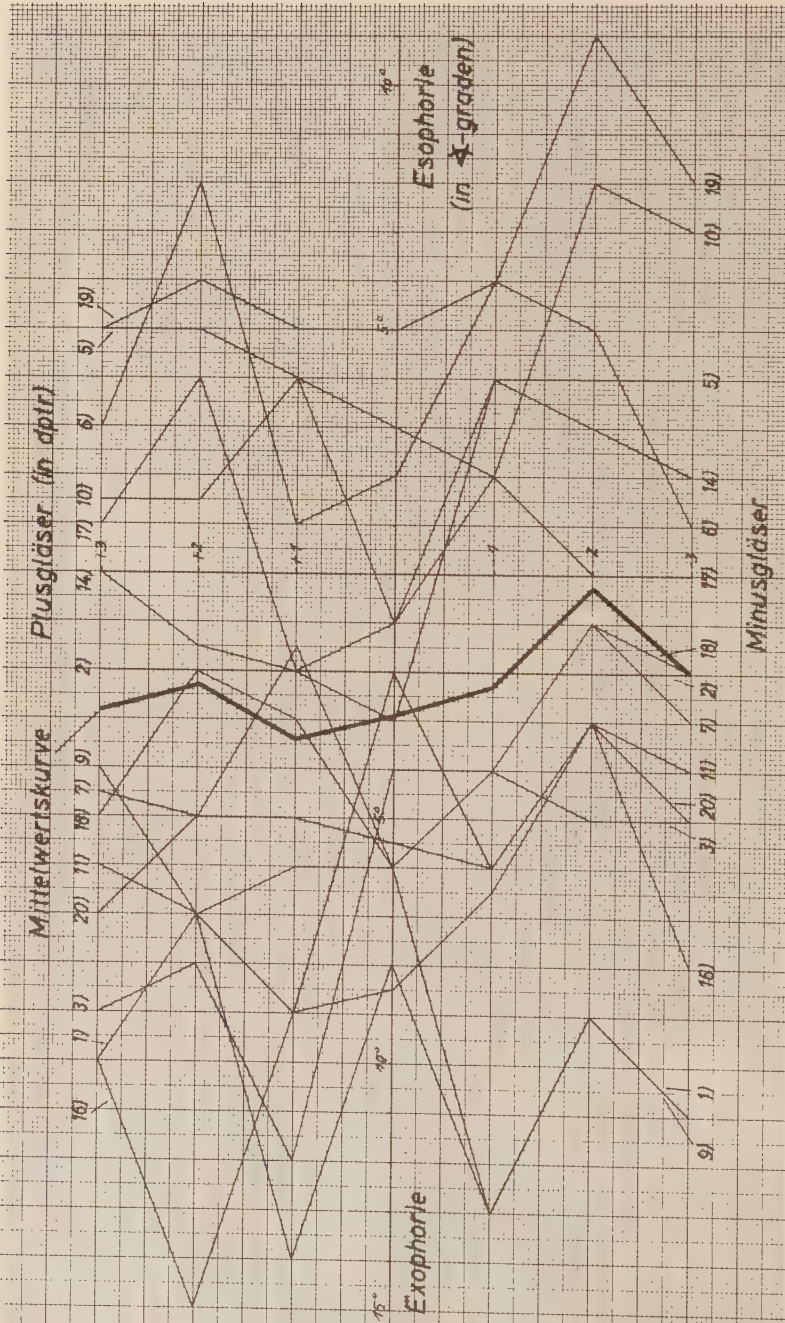
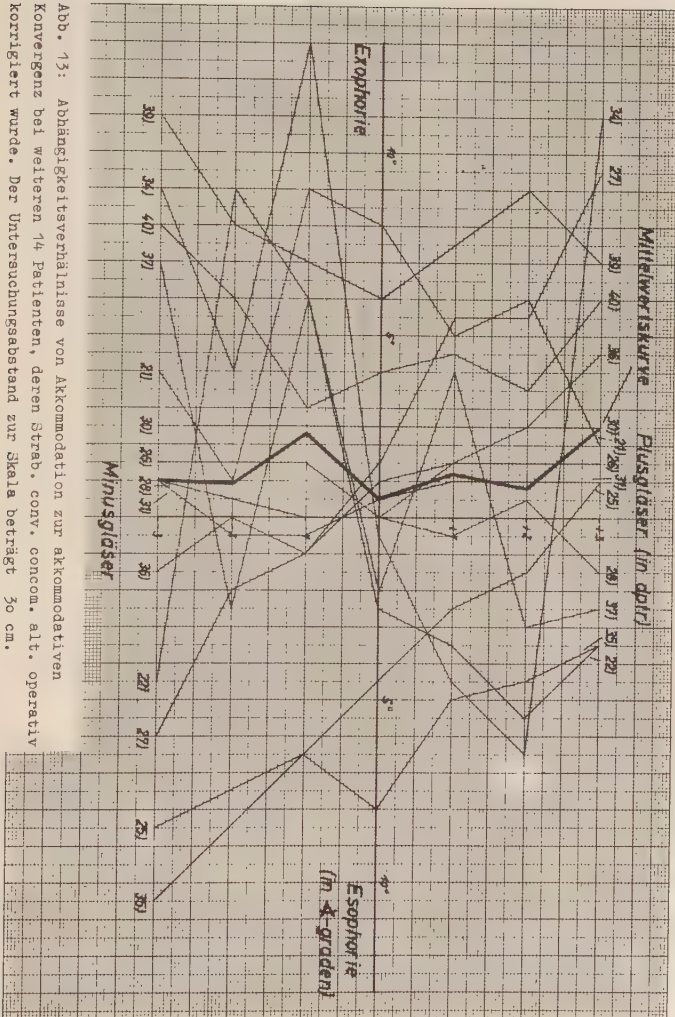


Abb. 12: Abhängigkeitsverhältnisse von Akkommodation zur akkommodativen Konvergenz bei 15 Patienten, deren Strab. conv. concom. alt. operativ korrigiert wurde. Der Untersuchungsabstand zur Skala beträgt 60 cm.



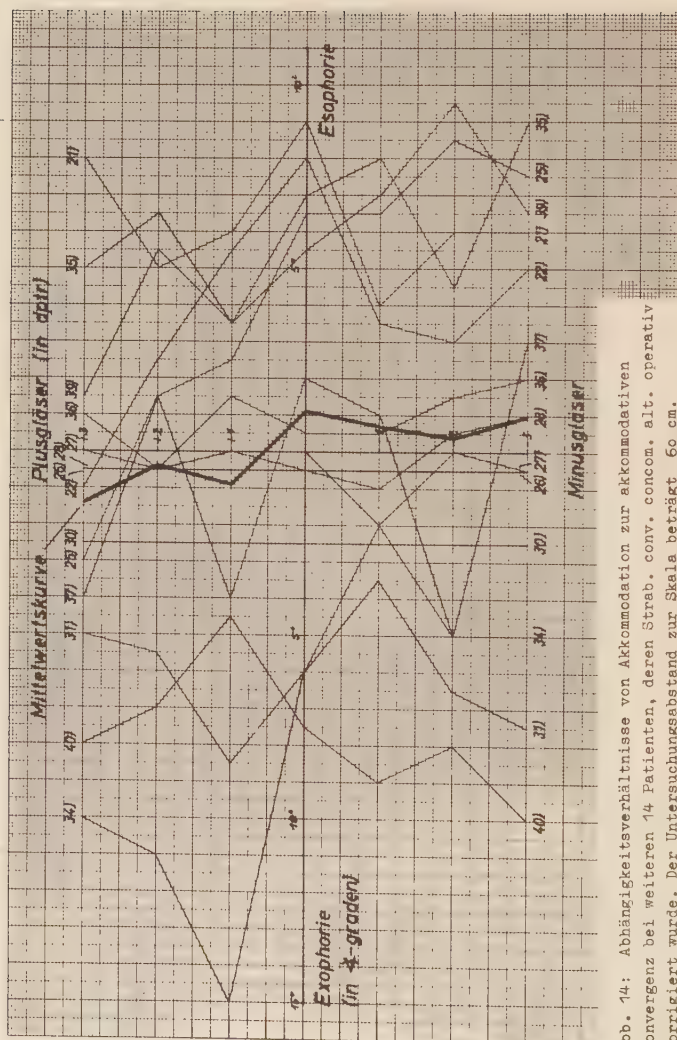


Abb. 14: Abhängigkeitsverhältnisse von Akkommodation zur akkomodativen Konvergenz bei weiteren 14 Patienten, deren Strab. conv. concom. alt. operativ korrigiert wurde. Der Untersuchungsabstand zur Skala beträgt 60 cm.

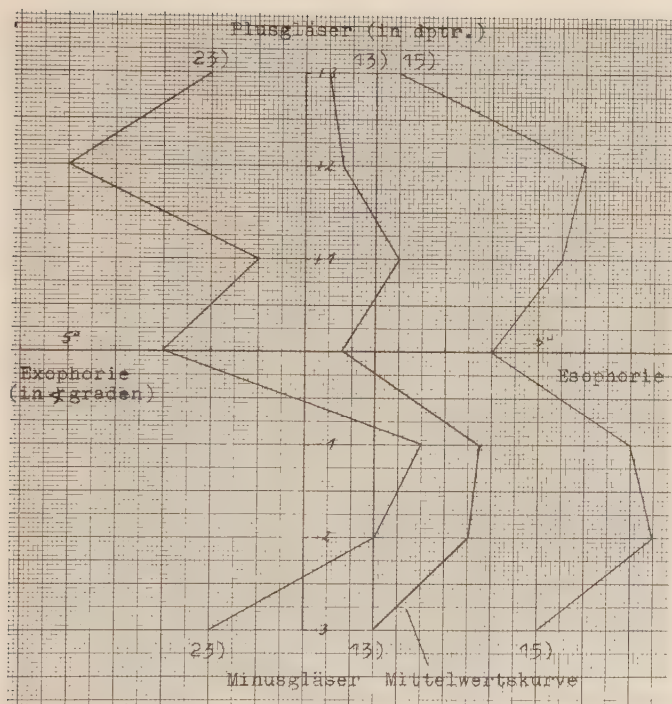


Abb. 15: Abhängigkeitsverhältnisse von Akkommodation zur akkommodativen Konvergenz bei 3 Patienten, deren Strabismus divergens concomitans alternans operativ korrigiert wurde. Der Untersuchungsabstand zur Skala beträgt 30 cm.

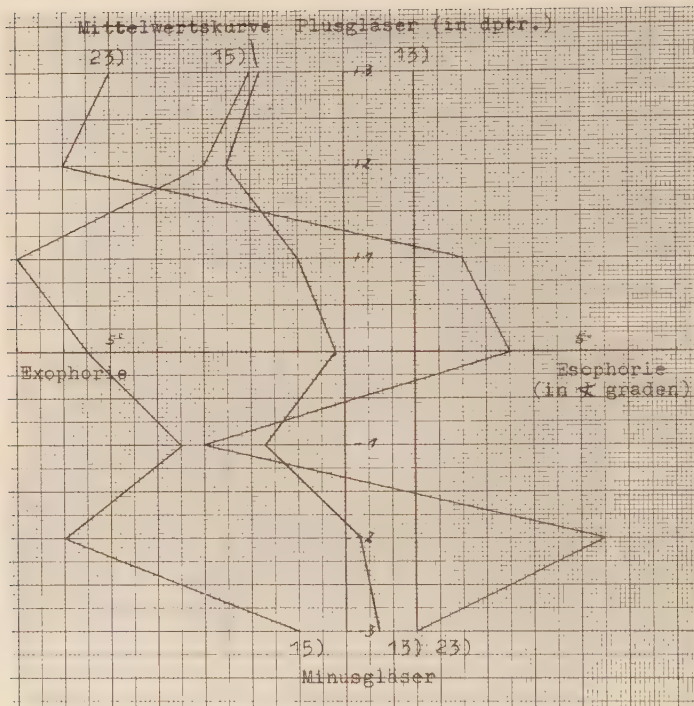
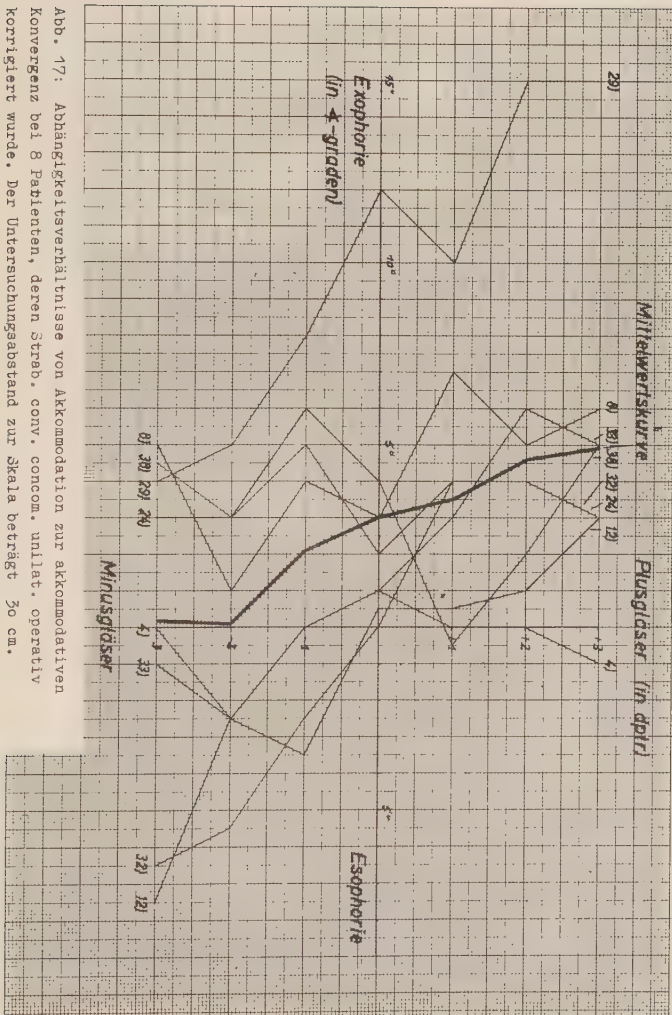


Abb. 16: Abhängigkeitsverhältnisse von Akkommodation zur akkommodativen Konvergenz bei 3 Patienten, deren Strabismus divergens concomitans alternans operativ korrigiert wurde. Der Untersuchungsabstand zur Skala beträgt 60 cm.



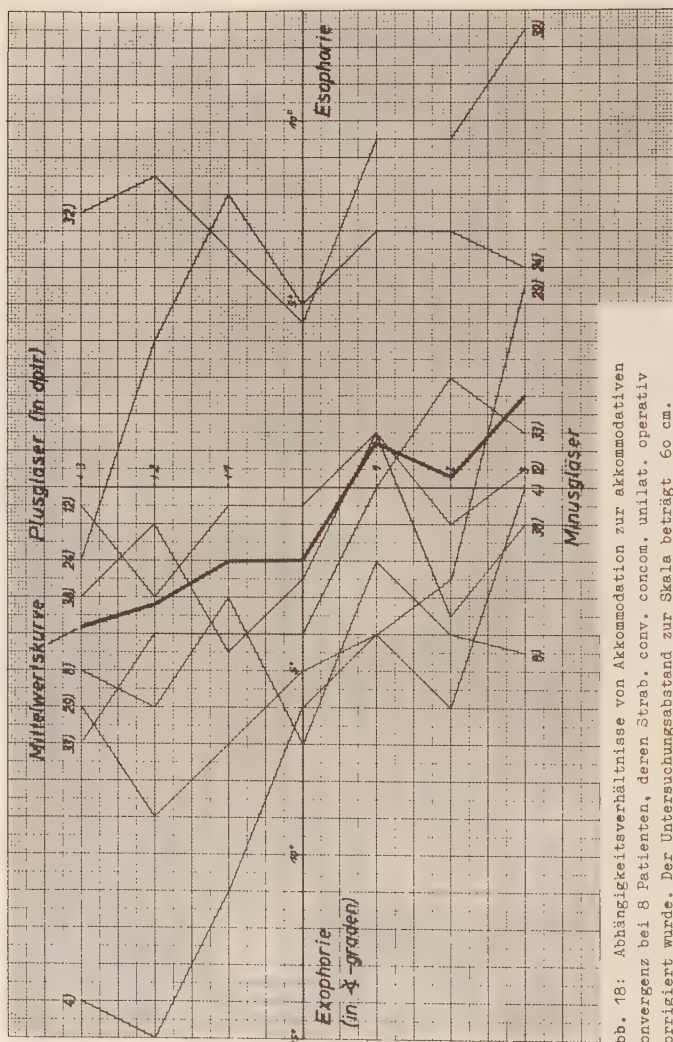


Abb. 18: Abhängigkeitsverhältnisse von Akkommodation zur akkommodativen Konvergenz bei 8 Patienten, deren Strab. conv. concom. unilat. operativ korrigiert wurde. Der Untersuchungsabstand zur Skala beträgt 60 cm.

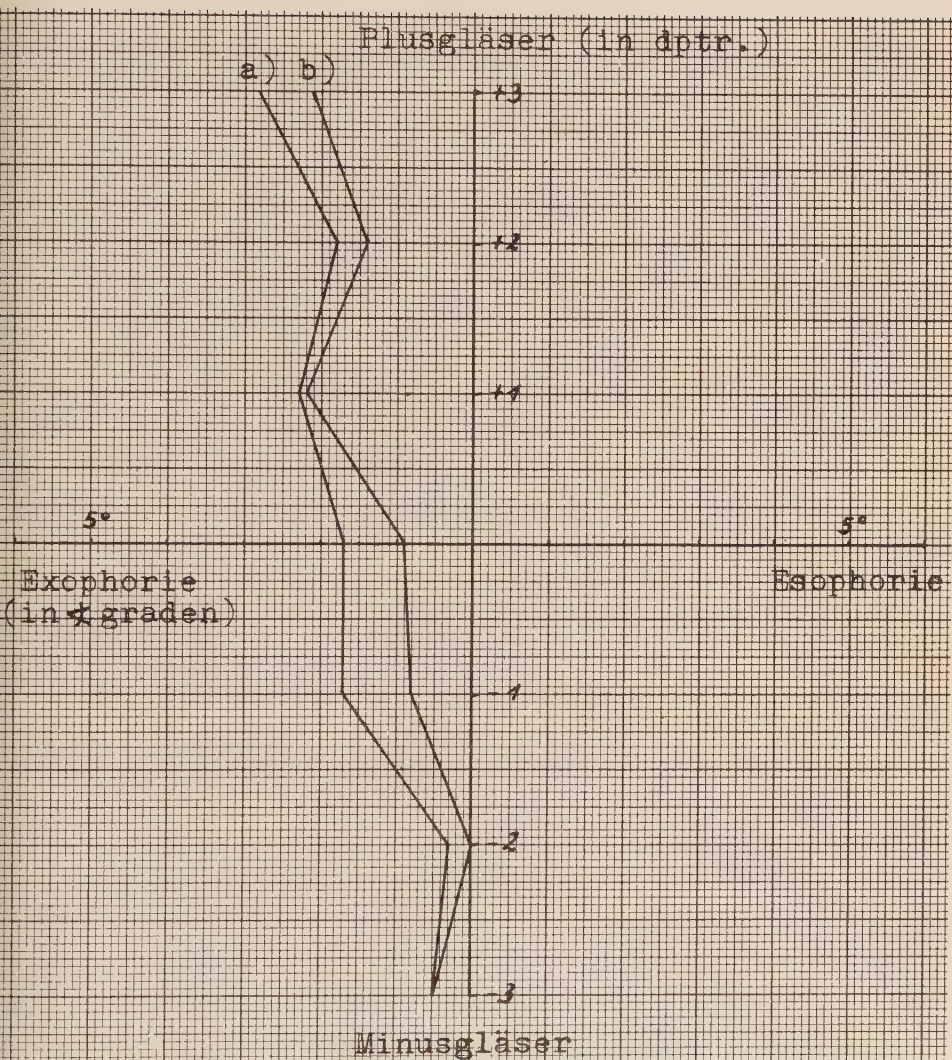


Abb. 19; Mittelwertskurven. Sie wurden errechnet aus den Einzelkurven, die sich aus den Untersuchungen von 29 Patienten mit operativ korrigiertem Strab. conv. concom. alt. ergaben. Die Untersuchungsabstände zur Skala betragen bei bei Kurve a) 30 cm, bei Kurve b) 60 cm.

DISKUSSION

Um die Untersuchungsergebnisse, d. h. die von Normalsichtigen und "Schielenden" erhaltenen Kurven zu diskutieren, soll kurz auf die Entwicklung des Innervationsapparates der Augen eingegangen werden.

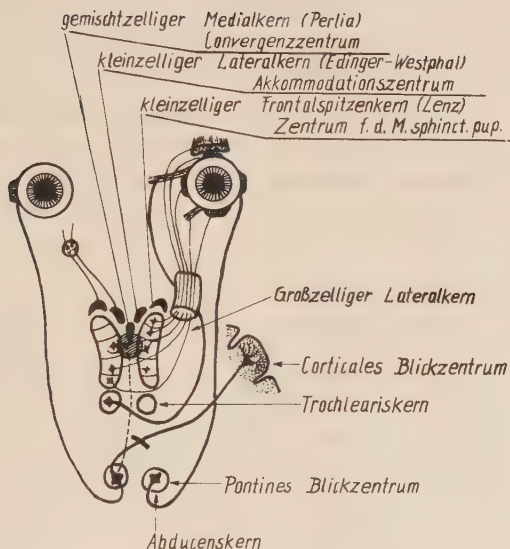
Wenn man ein neugeborenes Kind bei seinen ersten Blicken in die Welt beobachtet, so kann man feststellen, daß die Augenbewegungen oft noch unkoordiniert sind, d. h. die Augen können noch unabhängig von einander bewegt werden. Dies beruht darauf, daß die Verbindungen zwischen den einzelnen Augenmuskelnkernen durch Assoziationsfasern noch nicht voll funktionsfähig sind.

Etwa zwei Wochen nach der Geburt sind diese unkoordinierten Augenbewegungen jedoch nicht mehr zu beobachten. Es ist zum Entwicklungsabschluß der Assoziationsfasern im Sinne ausreichender funktioneller Reife im optomotorischen Elementarapparat gekommen. Durch die Einschaltung der opto-statischen Sehbahnen und der Vierhügelzentren erfolgen jetzt die ersten konjugierten, gleichsinnigen Augenbewegungen auf bewegte Objekte. Es erscheinen in motorischer Hinsicht die Augen funktionell gekoppelt. Diese Tatsache ist seit langem bekannt und wurde im Gesetz von der gleichmäßigen Innervation nach Hering und der reziproken Innervation beider Augen nach Sherrington festgelegt. Danach fließen die zentralen Impulse auf dem Wege über die Augenmuskelnerven nie einem einzelnen Muskel allein zu, sondern allen Augenmuskeln zugleich. Die Kontraktion eines Augenwenderpaares geht mit der Erschlaffung seines Antagonistenpaares und der Tonusherabsetzung aller übrigen Augenmuskeln einher.

Als dritte Leistungsstufe der Augenmotorik gelangen die gezielten gleich- und gegensinnigen Augenbewegungen (Konvergenzbewegungen) zur Beobachtung, was als Ausdruck beginnender höchster Binocularfunktion angesehen werden kann und auf das Eingreifen corticaler Fusionsimpulse hinweist.

Eine einwandfreie Binocularfunktion ist nur gewährleistet bei einem reibungslosen Zusammenwirken aller äußeren Augenmuskeln sowie von Akkommodation, Konvergenz und Pupillomotorik. Letztere soll hier außer Acht gelassen werden. Der Synergismus von Akkommodation und Konvergenz beruht auf einer erworbenen, reziproken Koppelung der beiden Funktionen, die spezielle Zentren im Stammhirn besitzen. Dazu schreibt Oppel:

"Als Akkommodationszentren müssen die kleinzelligen Lateralkerne (Edinger Westphal) angesehen werden, denen man bisher spezielle Bedeutung für die Pupillomotorik zuschrieb. Die Zellgruppen für die Sphinkter pupillae dürf-



Der nervöse optomotorische Elementarapparat

nach Oppel

ten sich dagegen in den kleinzelligen Polkernen befinden, die als Frontalspitze dem Hauptkern des Oculomotorius aufsitzen. Diese leider bisher wenig beachtete Erkenntnis wurde von meinem ersten Lehrer Lenz bereits anhand von 5 Patienten mit langjährigen Pupillenstörungen und post exitum sorgfältigst durchgeführten anatomischen Untersuchungen gewonnen. Im sog. Perlia'schen kleinzelligen Medialkern darf mit großer Wahrscheinlichkeit das so stark umstrittene Konvergenzzentrum gesucht werden. "

Diese nervösen Zentren stehen durch Assoziationsfasern mit einander in Verbindung. Wenn nun zum Beispiel Objekte, denen die Aufmerksamkeit zugewendet wird, als Zerstreuungsbilder auf der Netzhaut abgebildet werden, so

ist das Auge bestrebt, diese Bilder scharf zu sehen, es kommt zur Akkommodation. Durch einen bedingten Reflex, der sich beim Normalsichtigen mit guter Fusionstendenz erst unter dem Einfluß und der Kontrolle der Sehhirnrinde entwickelt und der auf einer anatomischen Koppelung der benachbarten Zentren von Akkommodation und Konvergenz beruht, kommt es durch die Akkommodationsimpulse gleichzeitig zu einer Innervation und Erregung des Konvergenzzentrums und damit zu einer Konvergenz der Bulbi.

Bei den an 45 normalsichtigen Personen unternommenen Untersuchungen stellte es sich heraus, daß die Beziehungen zwischen den beiden Funktionen ein nahezu lineares, doch keineswegs starres Verhältnis aufwiesen. Je geradliniger jedoch der Verlauf der graphisch dargestellten Beziehung war, um so besser war die Binocularfunktion.

Diese Ergebnisse werden bestätigt durch die Untersuchungen von Alpern, Christoferson, Ogle und Martens.

Die im Rahmen dieser Arbeit unternommenen Untersuchungen an Patienten mit operativ korrigiertem Begleitschielen zeitigten Ergebnisse, die von den Untersuchungsergebnissen, die die Normalsichtigen erbrachten, gänzlich verschieden waren. Während die Beziehungen zwischen Akkommodation und akkommodativer Konvergenz bei Normalsichtigen ein nahezu lineares Verhältnis aufwiesen, zeugen die Kurven der "Schielenden" von einer auffälligen Beziehungslosigkeit zwischen Akkommodation und akkommodativer Konvergenz. Wo beim Normalsichtigen ein sinnvolles Zusammenwirken von Akkommodation und akkommodativer Konvergenz offensichtlich ist, herrscht beim "Schielenden" ein unzumutbares, beziehungsloses Verhalten, obwohl kosmetisch durch die Operation ein Schielen nicht mehr vorzuliegen scheint.

Hier seien als Beispiel die Fälle der Patienten Nr. 30 und Nr. 37 nochmals herausgegriffen:

Der Patient Nr. 30 hatte einen Strabismus convergens concomitans alternans und schielte seit dem 2. Lebensjahr. 1959 wurde eine kombinierte Vor- und Rücklagerung rechts durchgeführt. Wenige Wochen nach der Operation wurde er von mir untersucht. Visus rechts: c. v. + 2,25 sph. = 5/7, links: c. v. + 2,25 sph. = 5/4. Der objektive Winkel betrug $+1^{\circ}$ und der subjektive Winkel -2° , die Korrespondenz war also annähernd normal.

Der Patient Nr. 37 hatte ebenfalls einen Strabismus convergens concomitans alternans und schielte seit dem 3. Lebensjahr. Anfang 1960 wurde eine Fernverschiebung rechts durchgeführt und kurze Zeit später wurde der Patient von mir untersucht. Visus rechts: c. v. + 4,5 sph. = 5/5, links: c. v. + 5,5

sph. = 5/5. Der objektive und subjektive Winkel betrugen -2° , es bestand also eine normale Sehrichtungsgemeinschaft.

Die Kurven, die sich aus den Untersuchungen dieser beiden Patienten ergaben, waren der Ausdruck zweier Extreme in dem beziehungslosen und unzweckmäßigen Verhalten, das die "Schielenden" hinsichtlich der Beziehungen zwischen Akkommodation und akkommodativer Konvergenz alle zeigten. So erfolgte beim Patienten Nr. 30 weder durch Akkommodationsaufwand noch durch Entspannung der Akkommodation eine Änderung bzw. Beeinflussung der Vergenz, während beim Patienten Nr. 37 als dem gegenteiligen Extrem starke, aber unzweckmäßige und zum Teil überschießende Vergenzänderungen zur Beobachtung gelangten.

Wenn trotz guter Operationserfolge und praktisch völliger Parallelstellung der Augen sich keine normalen Beziehungen zwischen Akkommodation und akkommodativer Konvergenz einstellen, können muskelmechanische und andere äußere Faktoren, wie sie von Dieffenbach, Maddox, A. v. Graefe, v. Helmholtz, Hering und Bielschowsky bei der Betrachtung des Begleitschielens früher in den Vordergrund gestellt wurden, nicht die wesentliche Ursache des concomitierenden Schielens sein. Weit- aus einleuchtender ist daher die Erklärung, daß die Entstehung des Begleitschielens in einem hohen Maße mit den strukturellen und funktionellen Gesetzmäßigkeiten des Zentralnervensystems in Zusammenhang steht, wobei besonders die Funktion des Fusionszentrums und dessen Einfluß auf die Entwicklung eines zweckmäßigen Synergismus zwischen Akkommodation und Konvergenz im Sinne eines bedingten Reflexes mit von ausschlaggebender Bedeutung sein dürfte.

Eingangs der Diskussion wurden die postnatalen Entwicklungen des optomotorischen Apparates gestreift. Beim Vergleich dieser Entwicklungsvorgänge mit den Untersuchungsergebnissen, die bei den "Schielenden" postoperativ gefunden wurden, drängt sich der Schluß auf, daß beim Strabismus concomitans eine sinnvolle Koppelung zwischen Akkommodation und akkommodativer Konvergenz nicht zustande gekommen ist und daß die Entwicklung dieses Mechanismus' stehen geblieben ist auf einer Stufe, wie man ihn bei einem Säugling im Alter von 2 - 4 Monaten findet, also zu einem Zeitpunkt, in dem sich das corticale Fusionszentrum noch nicht in Tätigkeit befindet.

Allein durch operative Korrektur kann daher ein Strabismus concomitans nicht beseitigt werden, sondern postoperativ müssen die binocularen Funktionen durch Schulung der Fusion nacherworben werden. Erst durch die kontrollieren-

de Tätigkeit des corticalen Fusionszentrums können sich enge Wechselbeziehungen im Sinne eines bedingten Reflexes zwischen Akkommodationszentrum und Konvergenzzentrum herausbilden.

ZUSAMMENFASSUNG

In Anlehnung an den Maddox "wing test" wurde ein Gerät konstruiert, mit dem bei 45 Personen mit Emmetropie und guter Binocularfunktion und bei 40 Patienten mit operativ korrigiertem Begleitschielen die Abhängigkeitsverhältnisse zwischen Akkommodation und akkommodativer Konvergenz untersucht wurden. Die Untersuchungsergebnisse wurden graphisch dargestellt und es zeigte sich, daß die Beziehungen von Akkommodation zur akkommodativen Konvergenz bei Normalsichtigen fast lineare Verhältnisse aufweisen, während bei den operativ korrigierten "Schielenden" keine zweckmäßige Kopplung und kein sinnvoller Synergismus zwischen den genannten Funktionen besteht. Das Begleitschielen kann daher als eine zentralnervöse Entwicklungsstörung aufgefaßt werden, bei der auch die zweckmäßige funktionelle Zusammenarbeit zwischen dem Akkommodations- und Konvergenzzentrum im Hirnstamm ausbleibt. Eine Beseitigung des Strabismus concomitans kann daher durch einen operativen Eingriff allein nicht gewährleistet werden, sondern die normale Binocularfunktion muß durch postoperative Schulung nacherworben werden. Eine wesentliche Voraussetzung zur Erzielung eines normalen Binocularsehens darf nach meinen durchgeführten Untersuchungen wohl auch im Erwerb und der Herausbildung eines möglichst präzisen Synergismus zwischen Akkommodation und akkommodativer Konvergenz gesehen werden.

LITERATURVERZEICHNIS

- 1) Adamson, J. and E. F. Fincham: The effect of lenses and convergence upon the state of accommodation in the eye. (Der Einfluß von Linsen und der Konvergenz auf den Akkommodationszustand des Auges). (Appl. Optics Dep., Northampton Polytechnic, London). (Ann. Congr. London, 20.-22. IV. 1939). Trans. ophthalm. Soc. U. Kingd. 59, Pt. 1, 163-179 (1939).
- 2) Alpern, Mathew: Vergence and accommodation. I. Can change in size induce vergence movements? (Konvergenz und Akkommodation. I. Kann ein Wechsel der Bildgröße Konvergenzbewegungen herbeiführen?) (Dept. of Ophthalm. and Visiol Res. Laborat., Univ. of Michigan, Ann Arbor.) A. M. A. Arch. Ophthal. 60, 355-357 (1958).
- 3) Alpern, Mathew: Testing distance effect on phoria. Measurement at various accommodation levels. (Einfluß des Untersuchungsabstandes auf die Phorie. Messungen bei verschiedenen Akkommodationseinstellungen.) Arch. of Ophthalm. 54, 906-915 (1955).
- 4) Bappert, Jakob: Neue Untersuchungen zum Problem des Verhältnisses von Akkommodation und Konvergenz zur Wahrnehmung der Tiefe. (Psychol. Inst., Univ. Frankfurt a. M.) Zeitschr. für Psychol. und Physiol. d. Sinnesorg., I. Abt., Zeitschr. f. Psychol. Bd. 90, H. 3/6, S. 167-203 (1922).
- 5) Baquis, Elia: Neutralizzazione apparente della diplopia nelleccesso di convergenza ed inerente errore nella valutazione di grandezza. (Die scheinbare Neutralisierung der Doppelbilder bei übermäßiger Konvergenz und der damit zusammenhängende Fehler in der Größenabschätzung.) Ann. Ottalm. 59, 469-473 (1931).
- 6) Bielschowsky, A.: Untersuchungen über das Sehen der Schielenden. Graefes Arch. 50, 406 (1900).
- 7) Bielschowsky, A.: Untersuchungsprogramm des Schielens. Zeitschr. f. Augenheilk. 31, 18 (1914).
- 8) Christoferson, Kent W. and Kenneth N. Ogle: The effect of homatropine on the accommodation-convergence association. (Die Wirkung von Homatropin auf die Akkommodation-Konvergenz-Verbindung.) Arch. of Ophthalm. 55, 779-791 (1956).
- 9) Dieffenbach: Über die Heilung des angeborenen Schielens mittels Durchschneidung der inneren geraden Augenmuskeln. Med. Z. Ver. Heilk. Preußen 1839, Nr. 46.

- 10) Donders, F. C. : Relative Akkommodationsbreite. Graef. Arch. f. Ophthalm. 6, 84 (1860).
- 11) Elschnig, A. : Die Funktionsprüfung des Auges. Verl. Franz Deuticke, Leipzig und Wien, 1923.
- 12) Fincham, E. F. and J. Walton: The reciprocal actions of accommodation and convergence. (Die antagonistischen Wirkungen von Akkommodation und Konvergenz.) (Inst. of Ophthalmol. and Northampton Polytechnic, London) J. of Physiol. 137, 488 bis 508 (1957).
- 13) Glaser, Theo: Die Messung der akkommodativen Konvergenz. (II. Fachtagung d. Augenoptiker 1954) Mschr. Feinmech. u. Optik 72, 2-5 (1955).
- 14) Graefe, A. v. : Beiträge zur Lehre vom Schielen und von den Schieloperationen. Graefes Arch. 3, 1, 177 (1856).
- 15) Helmholtz, H. v. : Handb. d. physiol. Optik. 1909.
- 16) Hill, Robert V. : A simple method of determining the coordinate requirements of convergence. (Eine einfache Methode zur Bestimmung des koordinierten Konvergenzaufwandes.) (West. Sect. of Amer. Assoc. of Orthopt. Techn., Portland, Oregon, 30. IV. 1954.) Amer. Orthoptic J. 5, 105-108 (1955).
- 17) Hill, Robert V. : The hyperbolas of accommodation and convergence. (Die Hyperbeln der Akkommodation und Konvergenz.) Dept. of Ophth., Univ. of Oregon Med. School, Eugene, Ore. (Western Sect. of Assoc. for Res. in Ophth., San Francisco, 7. II. 1956). Arch. of Ophthalm. 57, 259-265 (1957).
- 18) Jaensch, P. A. : Diagnose und Therapie des Schielens. Beiheft Klin. Mbl. f. Augenheilk. H. 24 (1956).
- 19) Kneer, Leonore: Untersuchungen über den binocularen Schvorgang. (Augenklin., Univ. Tübingen) Z. Sinnesphysiol. 68, 49-64 (1940).
- 20) Landolt, E. : Einfluß des Alters auf die Akkommodationsbreite. Klin. Mbl. f. Augenheilk. 71, 235 (1876).
- 21) Lenz, G. : Untersuchungen über die anatomische Grundlage von Pupillenstörungen, insbesondere der reflektorischen Pupillenstarre. Ber. üb. d. XLVII. Zusammenkunft d. Dtsch. Ophth. Ges. S. 234 (1928).
- 22) Lenz, G. : Die Vertretung der inneren Augenmuskulatur im Kerngebiet des Nervus Oculomotorius. Ber. üb. d. Zusammenkunft d. Dtsch. Ophth. Ges. S. 38 (1949).
- 23) Lindner, K. : Lehrbuch der Augenheilkunde. Urban & Schwarzenberg, Wien 1952.
- 24) Luzinskij, G. : Über den Zusammenhang der Akkommodation und Konvergenz. Sovet. Vestn. Oftalm. 4, 398-402 (1934).

- 25) Maddox, E. : Tests and studies of the ocular muscles. London 1907.
- 26) Mütze, K. : Die Akkommodation des menschlichen Auges. Akademie - Verl., Berlin 1956.
- 27) Nott, I. S. : Dynamic skiometry. Accommodative convergence and fusion convergence. (Nahschattenprobe. Anteil der Akkommodation und Fusion an der Konvergenz.) Americ. journ. of physiol. optics Bd. 7, Nr. 3, S. 366-374 (1926).
- 28) Ogle, Kenneth N. and Theodore G. Martens: On the accommodative convergence and the proximal convergence. (Zur akkommodativen und Nahkonvergenz). Mayo Clin. and Mayo Foundat., Sect. of Biophysics and Biophysic. Res., and Sect. of Ophth., Rochester) Arch. of Ophthalm. 57, 702-715 (1957).
- 29) Oppel, O. : Vom Einfluß des Zentralnervensystems auf die Entstehung des Begleitschielens und der Schielschwachsichtigkeit. Habilitationsschrift, Johannes Gutenberg - Universität, Mainz 1958.
- 30) Oppel, O. : Betrachtungen zur Schulung der Stereopsis bei Schielenden. Ber. üb. d. 62. Versamml. d. Dtsch. Ophth. Ges., Heidelberg 1959.
- 31) Pascal, J. I. : Does accommodation stimulate divergence? (Bewirkt die Akkommodation eine Divergenzstellung?) (Harlem, New York, Eye a. Ear Hosp., New York.) Americ. J. Ophthalm., III. S. 18, 851-853 (1935).
- 32) Pflimlin, R. und F. Strübin: Untersuchungen über den binocularen Sehvorgang. (I. Mitt.) Klin. Mbl. Augenheilk. 95, 223-235 (1935).
- 33) Piper, H. F. : Augenhaltung und Akkommodationsimpuls. Graef. Arch. f. Ophthalm. 152, 719 (1952).
- 34) Pistor, H. : Der Augenoptiker. Bd. 2, Lang, Pößneck.
- 35) Roelofs, O. : Der Zusammenhang zwischen Akkommodation und Konvergenz. Graef. Arch. f. Ophthalm. 85, 66 (1913).
- 36) Sherrington, C. S. : On reciprocal innervation. Proc. Roy. Soc. 60, 414 (1897).
- 37) Sherrington, C. S. and H. E. Hering: Antagonistic muscles and reciprocal innervation. Proc. Roy. Soc. 62, 183 (1897).
- 38) Tait, Edwin Forbes: A reciprocal reflex system in the accommodation - convergence relationship. (Ein reziprokes Reflexsystem in den Beziehungen zwischen Akkommodation und Konvergenz.) (Psychol. Lab.-rat., Univ. of Pennsylvania, Philadelphia) Amer. J. Psychol 45, 647-662 (1933).
- 39) Tschermak - Seysenegg, A. v. : Einführung in die physiologische Optik. Springer, Wien 1947.

Herrn Privatdozent Oberarzt Dr. med. O. Oppel danke ich
für seine Anregungen und seine Hilfe bei dieser Arbeit.

LEBENS LAUF

Ich, Hubert Koch, wurde als Sohn des Maschinenreviersteigers Jöhanh Koch und seiner Ehefrau Margarete, geb. Kamps, am 26. V. 1934 zu Bauchem geboren. Von 1940 - 1946 besuchte ich die Volksschule. 1944 bestand ich die Aufnahmeprüfung am Grenzland - Gymnasium in Herzogenrath. Durch das Kriegsende bedingt konnte der Unterricht erst Ostern 1946 begonnen werden. Am 9. III. 1955 bestand ich das Abitur und immatrikulierte mich anschließend an der Rheinischen Friedrich - Wilhelm - Universität in Bonn. Dort bestand ich am 31. VII. 1958 das Physikum. Danach immatrikulierte ich mich an der Johannes Gutenberg - Universität zu Mainz und bin nun im 4. klinischen Semester.

